



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

“Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el
proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Br. Pérez Guerra, Marcos Josué

ASESOR:

Mg. Rodríguez Alegre, Lino Rolando

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

Lima - Perú

2018

PÁGINA DEL JURADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa Kelly, mis hijos Matthew y Cielo porque son el principal motivo de este logro, a mi madre Kelly Isabel y mis hermanos Salomón, Greysi y Ana por todo el apoyo brindado y el permanente aliento en cada momento de esta preparación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en quien reposa mi fe, a mi esposa Kelly por todo su apoyo y esfuerzo incondicional, a mi asesor Ing. Lino Rodríguez por guiarme en el Estudio de Métodos y la Investigación Científica, asimismo un agradecimiento especial la señora Pilar Luna y a la señorita Leyla Vázquez por el apoyo brindado en la etapa de investigación de la presente tesis.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Marcos Josué Pérez Guerra con DNI N° 44433970, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, presentando mi tesis titulada "APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA DE LA EMPRESA ESMETAL S.A.C., CALLAO, 2018." declaro bajo juramento que:

- a.- El presente trabajo de investigación es de mi autoría.
- b.- En el presente trabajo de investigación he respetado las normas internacionales de citas y referencias para que puedan ser consultadas. Por lo que el presente trabajo no es efecto de plagio total ni parcial.
- c.- El presente trabajo de investigación no ha sido efecto de auto plagio; es decir, no ha sido anteriormente presentada o publicada con la finalidad de obtener grado académico alguno.
- d.- Los datos e información que se incluye en el presente trabajo de investigación son de carácter auténtico y veras.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de abril del 2020



Marcos Josué Pérez Guerra
DNI: 44433970

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Yo Marcos Josué Pérez Guerra, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA DE LA EMPRESA ESMETAL S.A.C. CALLAO, 2018” con la finalidad de determinar la manera en que la ingeniería de métodos procede a mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. la misma que someto a vuestra consideración y esperando así que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

Marcos Josué Pérez Guerra.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| Página del Jurado | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimiento | iv |
| Declaratoria de autenticidad | v |
| Presentación | vi |
| Índice | vii |
| RESUMEN | xix |
| ABSTRACT | xx |
| I. INTRODUCCIÓN | 21 |
| 1.1. Realidad problemática | 22 |
| 1.1.1. A nivel internacional | 22 |
| 1.1.2. A nivel Latinoamérica | 23 |
| 1.1.3. A nivel local | 24 |
| 1.2. Trabajos previos | 36 |
| 1.2.1. Nacionales | 36 |
| 1.2.2. Internacionales | 41 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema | 46 |
| 1.3.1. Variable independiente: Ingeniería de Métodos | 46 |
| 1.3.1.1. Dimensiones de la Ingeniería de Métodos | 47 |
| 1.3.1.2. Estudio de métodos | 48 |
| 1.3.1.3. Actividades que agregan valor | 49 |
| 1.3.1.4. Actividades primarias o principales | 49 |
| 1.3.1.5. Actividades de apoyo o auxiliares | 49 |
| 1.3.1.6. Medición del trabajo | 50 |
| 1.3.1.7. Método de observación | 52 |
| 1.3.1.8. Método de cronometraje | 52 |
| 1.3.1.9. Tiempo estándar | 53 |
| 1.3.1.10. Tiempo normal | 53 |
| 1.3.1.11. Factor de calificación | 53 |
| 1.3.1.12. Suplementos del estudio de tiempos | 55 |
| 1.3.2. Variable dependiente: Productividad | 57 |

| | |
|---|----|
| 1.3.2.1. Dimensiones de la Productividad | 58 |
| 1.3.2.2. Eficiencia | 58 |
| 1.3.2.3. Eficacia | 59 |
| 1.3.3. Operaciones de soldadura y procesos | 59 |
| 1.3.3.1. American Welding Society | 60 |
| 1.3.3.2. Soldadura SMAW | 61 |
| 1.3.3.3 Soldadura FCAW | 62 |
| 1.3.3.4. Soldadura SAW | 64 |
| 1.3.4. Control de calidad de uniones soldadas | 66 |
| 1.3.4.1. Procedimiento de soldadura WPS | 66 |
| 1.3.4.2. Códigos de soldadura y especificaciones técnicas | 68 |
| 1.3.4.3. Viga Cajón | 68 |
| 1.3.4.4. Juntas de soldadura | 69 |
| 1.3.4.5. Diseño de juntas de soldadura | 69 |
| 1.3.4.6. Ensayos no destructivos | 70 |
| 1.4. Formulación del problema | 71 |
| 1.4.1. Problema general | 71 |
| 1.4.2. Problema específico 1 | 71 |
| 1.4.3. Problema específico 2 | 71 |
| 1.5. Justificación del estudio | 72 |
| 1.5.1. Justificación técnica | 72 |
| 1.5.2. Justificación económica | 72 |
| 1.5.3. Justificación social | 73 |
| 1.6. Hipótesis | 73 |
| 1.6.1. Hipótesis general | 73 |
| 1.6.2. Hipótesis específicas | 73 |
| 1.6.2.1. Hipótesis específicas 1 | 74 |
| 1.6.2.2. Hipótesis específicas 2 | 74 |
| 1.7. Objetivos | 74 |
| 1.7.1. Objetivo general | 74 |
| 1.7.2. Objetivo específico 1 | 74 |
| 1.7.3. Objetivo específico 2 | 74 |

| | |
|---|----|
| II. MÉTODO | 75 |
| 2.1. Tipo y diseño de investigación | 76 |
| 2.1.1. Según su naturaleza | 76 |
| 2.1.2. Según su objetivo o finalidad | 76 |
| 2.1.3. Según su nivel o profundidad | 76 |
| 2.1.4. Según su diseño | 76 |
| 2.1.5. Por su alcance en el tiempo | 77 |
| 2.2. Operacionalización de variables | 77 |
| 2.2.1. Variable independiente: Ingeniería de Métodos | 78 |
| 2.2.1.1. Estudio de Métodos | 78 |
| 2.2.1.2. Medición del trabajo | 79 |
| 2.2.2. Variable dependiente: Productividad | 79 |
| 2.2.2.1. Eficiencia | 80 |
| 2.2.2.2. Eficacia | 80 |
| 2.3. Población y muestra | 83 |
| 2.3.1. Población | 83 |
| 2.3.2. Muestra | 83 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 84 |
| 2.4.1. Técnicas de observación directa | 84 |
| 2.4.2. Instrumentos de recolección de datos | 84 |
| 2.4.2.1. Formatos de recolección de datos | 84 |
| 2.4.2.2. Cronómetro | 84 |
| 2.4.3. Validez | 85 |
| 2.4.4. Confiabilidad | 85 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos | 85 |
| 2.6. Aspectos éticos | 85 |
| 2.7. Desarrollo de la propuesta. Aplicación de la Ingeniería de Métodos | 86 |
| 2.7.1. Situación actual | 87 |
| 2.7.1.1. La empresa | 87 |
| 2.7.1.2. Estructura organizacional | 89 |
| 2.7.1.3. Equipamiento de planta | 90 |
| 2.7.1.4. Ingeniería y Detallamiento | 90 |

| | |
|---|-----|
| 2.7.1.5. Capacidad de Producción y volumen de negocio | 91 |
| 2.7.1.6. Productos de fabricados | 92 |
| 2.7.1.7. Principales clientes | 93 |
| 2.7.1.8. Aspectos estratégicos | 95 |
| 2.7.1.9. Cronograma de actividades de la investigación | 98 |
| 2.7.1.10. Costo de la aplicación de la Ingeniería de Métodos | 99 |
| 2.7.2. Etapa 1 del desarrollo de la propuesta – Seleccionar | 100 |
| 2.7.3. Etapa 2 del desarrollo de la propuesta – Registrar | 102 |
| 2.7.3.1. Base de datos pre-test. (antes de la mejora) | 102 |
| 2.7.3.1.1. Diagrama de Operaciones de Procesos pre-test | 102 |
| 2.7.3.1.2. Diagrama de análisis de Procesos pre-test | 108 |
| 2.7.3.1.3. Pre-test del índice de actividades que agregan valor | 108 |
| 2.7.3.1.4. Pre-test de tiempos efectivos en el proceso de soldadura | 110 |
| 2.7.3.1.5. Pre-test del tiempo estándar en el proceso de soldadura | 114 |
| 2.7.3.1.6. Pre-test de la eficiencia en el proceso de soldadura | 115 |
| 2.7.3.1.7. Pre-test de la eficacia en el proceso de soldadura | 116 |
| 2.7.3.1.8. Pre-test de productividad en el proceso de soldadura | 117 |
| 2.7.4. Etapa 3 del desarrollo de la propuesta – Examinar | 118 |
| 2.7.4.1. Examinamos DOP pre-test | 118 |
| 2.7.4.2. Examinamos DAP pre-test | 125 |
| 2.7.4.3. Examinamos Indicadores de AAV pre-test | 126 |
| 2.7.4.4. Examinamos Tiempos Efectivos pre-test | 128 |
| 2.7.4.5. Examinamos Tiempo Estándar pre-test | 129 |
| 2.7.4.6. Examinamos Indicadores de Eficiencia pre-test | 131 |
| 2.7.4.7. Examinamos Indicadores de Eficacia pre-test | 132 |
| 2.7.4.8. Examinamos Indicadores de Productividad pre-test | 133 |
| 2.7.5. Etapa 4 del desarrollo de la propuesta - Establecer | 134 |
| 2.7.5.1. Propuesta de Soldadura por Arco Sumergido SAW | 134 |
| 2.7.6. Etapa 5 del desarrollo de la propuesta - Evaluar | 136 |
| 2.7.6.1. Post-test del índice de actividades que agregan valor | 137 |
| 2.7.6.2. Post-test de tiempos efectivos | 138 |
| 2.7.6.3. Post-test del tiempo estándar | 139 |

| | |
|--|-----|
| 2.7.6.4. Post-test de la eficiencia | 140 |
| 2.7.6.5. Post-test de la eficacia | 141 |
| 2.7.6.6. Post-test de productividad | 142 |
| 2.7.6.7. Diagrama de Operaciones de Procesos post-test | 143 |
| 2.7.6.8. Diagrama de Análisis de Procesos post-test | 144 |
| 2.7.7. Resultados. Etapa 6 del desarrollo de la propuesta - Definir | 145 |
| 2.7.7.1. Examinamos AAV post-test | 145 |
| 2.7.7.2. Examinamos Tiempo efectivo post-test | 146 |
| 2.7.7.3. Examinamos Tiempo estándar post-test | 146 |
| 2.7.7.4. Examinamos Eficiencia post-test | 147 |
| 2.7.7.5. Examinamos Eficacia post-test | 148 |
| 2.7.7.6. Examinamos Productividad post-test | 149 |
| 2.7.7.7. Examinamos DOP post-test | 150 |
| 2.7.7.8. Examinamos DAP post-test | 151 |
| 2.7.7.9. Análisis económicos financieros | 152 |
| 2.7.7.9.1. Costo del proceso antes de aplicar la mejora | 153 |
| 2.7.7.9.2. Detalle de costo del proceso antes de aplicar la mejora | 154 |
| 2.7.7.9.3. Costo del proceso aplicando en nuevo método | 155 |
| 2.7.7.9.4 Detalle de costo del proceso aplicando en nuevo método | 155 |
| 2.7.7.10. Eficiencia de deposición de soldadura FCAW-G vs. SAW | 157 |
| 2.7.7.11. Análisis costo-beneficio | 159 |
| 2.7.8. Etapa 7 del desarrollo de la propuesta – Implantar | 162 |
| 2.7.9. Etapa 8 del desarrollo de la propuesta – Controlar | 163 |
| III. DISCUSIÓN | 168 |
| 3.1. Análisis comparativo | 169 |
| 3.1.1. Análisis comparativo de la variable Ingeniería de Métodos | 169 |
| 3.1.1.1. Análisis comparativo de la dimensión estudio de métodos | 169 |
| 3.1.1.2. Análisis comparativo de la dimensión medición del trabajo | 170 |
| 3.1.2. Análisis comparativo de la variable dependiente Productividad | 171 |
| 3.1.2.1. Análisis comparativo de la dimensión eficiencia | 171 |
| 3.1.2.2. Análisis comparativo de la dimensión eficacia | 172 |
| 3.1.3. Análisis comparativo de la productividad | 173 |

| | |
|--|-----|
| 3.1.4. Análisis comparativo del margen de contribución | 174 |
| 3.2. Análisis descriptivo | 174 |
| 3.2.1. Análisis descriptivo de la dimensión estudio de métodos | 175 |
| 3.2.2. Análisis descriptivo de la dimensión medición del trabajo | 177 |
| 3.2.3. Análisis descriptivo de la dimensión eficiencia | 179 |
| 3.2.4. Análisis descriptivo de la dimensión eficacia | 181 |
| 3.2.5. Análisis descriptivo de productividad | 183 |
| 3.3. Análisis inferencial | 185 |
| 3.3.1. Análisis inferencial de la hipótesis general | 185 |
| 3.3.1.1. Contrastación de hipótesis general | 186 |
| 3.3.2. Análisis inferencial de la hipótesis específica 1 | 188 |
| 3.3.2.1. Contrastación de hipótesis específica 1 | 188 |
| 3.3.3. Análisis inferencial de la hipótesis específica 2 | 190 |
| 3.3.3.1. Contrastación de la hipótesis específica 2 | 191 |
| IV. CONCLUSIONES | 194 |
| 4.1. Conclusión general | 195 |
| 4.2. Conclusiones específicas | 195 |
| V. RECOMENDACIONES | 196 |
| VI. REFERENCIAS | 199 |
| VII. ANEXOS | 204 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Sub sector fabríl primario de marzo 2018 | 25 |
| Tabla 2. Cuadro de posibles causas | 27 |
| Tabla 3. Matriz de correlación | 29 |
| Tabla 4. Frecuencias absolutas y relativas | 30 |
| Tabla 5. Estratificación por áreas | 32 |
| Tabla 6. Escala de impacto y prioridad según porcentajes | 34 |
| Tabla 7. Niveles de criticidad según porcentajes | 34 |
| Tabla 8. Matriz de priorización | 34 |
| Tabla 9. Alternativas de solución | 35 |
| Tabla 10. Escala de valoración de desempeño | 55 |
| Tabla 11. Porcentaje de holguras | 57 |
| Tabla 12. Matriz de Operacionalización de variables | 82 |
| Tabla 13. Capacidad de producción de Esmetal | 91 |
| Tabla 14. Productos fabricados | 92 |
| Tabla 15. Cronograma de actividades de la investigación | 98 |
| Tabla 16. Costo de aplicación de la Ingeniería de Métodos | 99 |
| Tabla 17. Diagrama de Operaciones de Procesos pre-test | 100 |
| Tabla 18. Diagrama de Análisis de Procesos pre-test | 107 |
| Tabla 19. Índice de actividades que agregan valor pre-test | 109 |
| Tabla 20. Tiempos efectivos pre-test | 113 |
| Tabla 21. Tiempo estándar pre-test | 114 |
| Tabla 22. Pre-test de la eficiencia en la soldadura de vigas cajón | 115 |
| Tabla 23 Pre-test de la eficacia en la soldadura de vigas cajón | 116 |
| Tabla 24. Pre-test de productividad | 117 |
| Tabla 25. Resumen del tiempo normal o efectivo pre-test | 128 |
| Tabla 26. Registro de AAV post-test | 137 |
| Tabla 27. Registro de tiempos efectivos post-test | 138 |
| Tabla 28. Registro de tiempos estándar post-test | 139 |
| Tabla 29. Registro de Eficiencia post-test | 140 |
| Tabla 30. Registro de Eficacia post-test | 141 |
| Tabla 31. Registro de productividad post-test | 142 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 32. Diagrama de operaciones de procesos post-test | 143 |
| Tabla 33. Diagrama de análisis de procesos post-test | 144 |
| Tabla 34. Resumen de tiempos efectivos post-test | 146 |
| Tabla 35. Hoja de resumen de costos pre-test | 153 |
| Tabla 36. Detalle de costos pre-test | 154 |
| Tabla 37. Hoja de costos post-test | 155 |
| Tabla 38. Detalle de costos post-test | 156 |
| Tabla 39. Eficiencia de deposición de soldadura | 158 |
| Tabla 40. Estudio de costos pre-test por día | 159 |
| Tabla 41. Estudio de costos post-test por día | 160 |
| Tabla 42. Relación Beneficio-costo | 162 |
| Tabla 43. Comparativa de productividad | 173 |
| Tabla 44. Procesamientos de casos de actividades que agregan valor | 175 |
| Tabla 45. Análisis descriptivo de actividades que agregan valor | 176 |
| Tabla 46. Procesamientos de casos del tiempo estándar | 177 |
| Tabla 47. Análisis descriptivo del tiempo estándar | 178 |
| Tabla 48. Procesamientos de casos de eficiencia | 179 |
| Tabla 49. Análisis descriptivo de la eficiencia | 179 |
| Tabla 50. Procesamiento de casos de eficacia | 181 |
| Tabla 51. Análisis descriptivo de eficacia | 181 |
| Tabla 52. Procesamiento de casos de productividad | 183 |
| Tabla 53. Análisis descriptivo de la productividad | 183 |
| Tabla 54. Prueba de normalidad de la productividad con Shapiro Wilk | 185 |
| Tabla 55. Comparación de medias de productividad pre y post con Wilcoxon | 186 |
| Tabla 56. Estadísticos de prueba con Wilcoxon para la productividad | 187 |
| Tabla 57. Prueba de normalidad de la eficacia con Shapiro Wilk | 188 |
| Tabla 58. Comparación de medias de productividad pre y post con Wilcoxon | 189 |
| Tabla 59. Estadísticos de prueba para la eficiencia con Wilcoxon | 190 |
| Tabla 60. Prueba de normalidad para la eficacia con Shapiro Wilk | 191 |
| Tabla 61. Comparación de medias de eficacia pre y post con Wilcoxon | 192 |
| Tabla 62. Estadísticos de prueba con Wilcoxon para la eficacia | 192 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Producción mundial de acero crudo por regiones 2017-2018 | 22 |
| Figura 2. Variación anual en el consumo de acero laminado 2018 vs. 2017 | 23 |
| Figura 3. Maqueta del puente “Juan Pablo II” | 24 |
| Figura 4. Diagrama de Ishikawa | 28 |
| Figura 5. Gráfico de Pareto | 31 |
| Figura 6. Gráfico de estratificación por áreas | 33 |
| Figura 7. Esquema del estudio del trabajo | 47 |
| Figura 8. Formula de la productividad | 58 |
| Figura 9. Formula de la eficiencia | 58 |
| Figura 10. Formula de la eficacia | 59 |
| Figura 11. Procesos de soldadura por arco eléctrico | 60 |
| Figura 12. Flujo de electricidad en máquina de soldar | 62 |
| Figura 13. Proceso de soldadura FCAW | 63 |
| Figura 14. Esquema de equipo de soldadura FCAW | 64 |
| Figura 15. Proceso de Soldadura por Arco Sumergido SAW | 65 |
| Figura 16. Equipo de soldadura SAW | 65 |
| Figura 17. WPS de proceso FCAW | 67 |
| Figura 18. Viga cajón de 7 metros. | 68 |
| Figura 19. Tipos de juntas de soldadura | 69 |
| Figura 20 Junta a tope, en esquina, bisel de media “V” con backing | 70 |
| Figura 21. Inspector END con equipo de ultrasonido | 71 |
| Figura 22. Ubicación geográfica de Esmetal | 87 |
| Figura 23. Estándares y certificaciones aplicados a los productos de Esmetal | 88 |
| Figura 24. Organigrama Esmetal | 89 |
| Figura 25. Equipamiento de planta. | 90 |
| Figura 26. Ingeniería y detallamiento | 91 |
| Figura 27. Capacidad de producción | 91 |
| Figura 28. Productos fabricados | 92 |
| Figura 29. Principales clientes | 93 |

| | |
|---|-----|
| Figura 30. Clientes de mayor demanda productiva | 94 |
| Figura 31. Visión y misión | 95 |
| Figura 32. Pacto de ética | 96 |
| Figura 33. Política de calidad | 97 |
| Figura 34. Esquema de viga cajón en vista isométrica | 110 |
| Figura 35. Corte transversal de esquema de viga cajón | 110 |
| Figura 36. Detalle de junta armada de viga cajón en corte transversal | 111 |
| Figura 37. Esquema de junta armada y soldada | 111 |
| Figura 38. Junta de soldadura armada pre-test | 119 |
| Figura 39 Fabricación inadecuada de junta de soldadura pre-test | 120 |
| Figura 40. Pre calentamiento de material base | 120 |
| Figura 41. Operación de soldadura pre-test | 121 |
| Figura 42. Fisura en pase de raíz pre-test | 122 |
| Figura 43. Esmerilados de rechupes en empalmes en pase de relleno | 123 |
| Figura 44. Control visual por el área a de soldadura | 124 |
| Figura 45. Pase de presentación rechazado por el área de calidad | 125 |
| Figura 46. Gráfico de cantidad de AAV vs. ANAV pre-test | 127 |
| Figura 47. Gráfico Índice de AAV pre-test | 127 |
| Figura 48. Gráfico de variaciones del tiempo estándar | 130 |
| Figura 49. Gráfico de la eficiencia en el proceso de soldadura pre-test | 131 |
| Figura 50. Gráfico de la eficacia y reprocesos de soldadura pre-test | 132 |
| Figura 51. Gráfico del índice de productividad | 133 |
| Figura 52. Consumibles para SAW | 134 |
| Figura 53. Vista delantera y posterior de TRACTOR LT-7 | 135 |
| Figura 54. Fuente de energía de 440 voltios DC 1000 | 135 |
| Figura 55. Operación con SAW | 136 |
| Figura 56. Gráfico de Índice de AAV post-test | 136 |
| Figura 57. Gráfico de tiempo efectivo y tiempo estándar post-test | 147 |
| Figura 58. Gráfico de eficiencia post-test | 148 |
| Figura 59. Gráfico de eficacia post-test | 149 |
| Figura 60. Gráfico de productividad post-test | 150 |

| | |
|--|-----|
| Figura 61. Comparación de costos pre-test post-test | 161 |
| Figura 62. Calificación de soldadura antes y después | 163 |
| Figura 63. Junta de soldadura armada antes y después | 164 |
| Figura 64. Presentación de soldadura antes y después | 165 |
| Figura 65. Soldadores en capacitación operativa | 165 |
| Figura 66. Deposición de soldadura de relleno, antes y después | 166 |
| Figura 67. WPS para soldadura por arco sumergido | 167 |
| Figura 68. Comparación DOP antes y después | 169 |
| Figura 69. Comparación AAV antes y después | 170 |
| Figura 70. Tiempo estándar antes y después | 171 |
| Figura 71. Comparativo de eficiencia | 172 |
| Figura 72. Comparativo de eficacia | 172 |
| Figura 73. Comparativa de productividad | 173 |
| Figura 74 Comparativo de margen de contribución económica | 174 |
| Figura 75. Curva normal de AAV pre-test. | 176 |
| Figura 76. Curva normal de AAV post-test | 176 |
| Figura 77. Curva normal de tiempo estándar pre-test | 178 |
| Figura 78. Curva normal de tiempo estándar post-test | 178 |
| Figura 79. Curva normal de eficiencia pre-test | 180 |
| Figura 80. Curva normal de eficiencia post-test | 180 |
| Figura 81. Curva normal de la eficacia pre-test | 182 |
| Figura 82. Curva normal de eficacia post-test | 182 |
| Figura 83. Curva normal productividad pre-test | 184 |
| Figura 84. Curva normal de productividad post-test | 184 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Formato de diagrama de operaciones de procesos pre post - test | 205 |
| Anexo 2. Formato de diagrama de análisis de procesos pre post - test | 206 |
| Anexo 3. Formato de estudio de tiempos pre-test | 207 |
| Anexo 4. Formato de estudio de tiempos post-test | 208 |
| Anexo 5. Formato de AAV pre y post - test | 209 |
| Anexo 6. Formato de tiempo estándar pre y post-test | 210 |
| Anexo 7. Formato de eficiencia pre post - test | 211 |
| Anexo 8. Formato de eficacia pre y post - test | 212 |
| Anexo 9. Formato de productividad pre-test | 213 |
| Anexo 10. Formato de costos por día pre y post - test | 214 |
| Anexo 11. Formato de estudio de costos por día post y pre - test | 215 |
| Anexo 12. Cuadro de eficiencia de deposición de soldadura | 216 |
| Anexo 13. Estimación de costo de soldadura por longitud | 216 |
| Anexo 14. WPS de soldadura antes de la mejora | 217 |
| Anexo 15. Ficha técnica de soldadura antes de la mejora | 218 |
| Anexo 16. Ficha técnica de gas para soldar | 219 |
| Anexo 17. WPS de soldadura después de la mejora | 220 |
| Anexo 18. Ficha técnica de soldadura después de la mejora | 221 |
| Anexo 19. Ficha técnica de fundente de soldadura después de la mejora | 222 |
| Anexo 20. Matriz de consistencia | 223 |
| Anexo 21. Certificado de instrumento de validez y confiabilidad 1 | 224 |
| Anexo 22. Certificado de instrumento de validez y confiabilidad 2 | 225 |
| Anexo 23. Certificado de instrumento de validez y confiabilidad 3 | 226 |
| Anexo 24. Acta de aprobación de originalidad de tesis. | 227 |
| Anexo 25. Porcentaje de similitud del software turnitin. | 228 |
| Anexo 26. Autorización de la publicación de tesis en repositorio UCV. | 229 |
| Anexo 27. Autorización de la versión final del trabajo de investigación. | 230 |

RESUMEN

La presente tesis que tiene como título “Aplicación de la Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. callao, 2018” que consta de siete capítulos, se desarrolló bajo el marco principal de la demostración a través de la investigación científica que aplicando la Ingeniería de Métodos en el proceso de soldadura fuera posible mejorar la productividad en la industria metalmecánica. Es así que con la puesta en marcha de este proyecto se pone en evidencia las posibles causas que han posicionado a la productividad en un porcentaje que se desea mejorar.

La ingeniería de métodos con sus ocho pasos de aplicación ha permitido poner sobre la mesa los indicadores de las dimensiones propuestas en las variables a investigar, estas son: las actividades que agregan valor, el tiempo estándar, la eficiencia y la eficacia para poder evaluarlas aplicando herramientas y técnicas de ingeniería y después comparar y analizar los resultados con tecnología de análisis de datos estadísticos descriptivos e inferenciales a fin de dar la suficiente validación y confiabilidad que la investigación científica requiere.

En tal sentido, los datos extraídos de los registros pre-test para la variable independiente - Ingeniería de Métodos – fue para las actividades que agregan valor antes de la implementación 47% y después 55% logrando un incremento de 8%. En el tiempo estándar antes fue de 8.6 horas por junta de soldadura, pero después de la implementación resultó en a 2.5 horas logrando reducir 6.1 hora y acelerar el proceso e incrementar su capacidad de producción por día hasta en un 75%.

Para la variable dependiente – Productividad – los resultados de los indicadores fueron los esperados, en la eficiencia antes de la implementación de la mejora fue 70,62% y después 83,15% logrando mejorar en 12.54%, en la eficacia los resultados antes de aplicar la mejora fue 56,71% y después 98,20% logrando un incremento significativo de 41,62%. En efecto, estos incrementos proporcionaron un impacto positivo en la productividad de antes en 70,63% y después 83,15% logrando una mejora de 12,52% impactando también sobre el costo del proceso antes S/ 22,853.77 y después S/ 47,429.20 generando un margen de contribución económico de S/ 24,573.43 soles concluyendo que en definitiva La ingeniería de métodos si mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C., Callao 2018.

Palabras claves: Ingeniería de métodos, productividad, soldadura, eficiencia, eficacia.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Application of Method Engineering to improve productivity in the welding area of the company Esmetal SAC Callao, 2018" consisting of seven chapters is analyzed under the main framework of the demonstration through the Scientific research that applies Method Engineering in the welding process could improve productivity in the metalworking industry, so with the launch of this project the possible causes that have positioned productivity in a percentage are revealed. that you want to improve.

The engineering of methods with its eight application steps has allowed to put on the table the indicators of the dimensions proposed in the variables to be investigated, these are: activities that add value, standard time, efficiency and effectiveness to be able to evaluate them by applying engineering tools and techniques and then comparing and analyzing the results with descriptive and inferential statistical data analysis technology in order to give sufficient validation and reliability that scientific research requires.

In this sense, the data extracted from the pre-test records for the independent variable - Method Engineering - was for the activities that add value before implementation 47% and after 55% achieving an increase of 8%. In the standard time before it was 8.6 hours per solder joint, but after implementation it resulted in 2.5 hours, reducing 6.1 hours and accelerating the process and increasing its production capacity per day by up to 75%.

For the dependent variable - Productivity - the results of the indicators were as expected, in the efficiency before the implementation of the improvement was 70.62% and after 83.15% achieving improvement in 12.54%, in the efficacy the results before applying the improvement was 56.71% and then 98.20% achieving a significant increase of 41.62%. In effect, these increases provided a positive impact on productivity from before in 70.63% and then 83.15% achieving an improvement of 12.52% also impacting on the cost of the process before S/ 22,853.77 and after S/ 47,429.20 generating an economic contribution margin of S/ 24,573.43 Peruvian soles, concluding that, in short, method engineering does improve productivity in the welding process of the company Esmetal SAC, Callao 2018.

Keywords: Method engineering, productivity, welding, efficiency, effectiveness.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

1.1.1. A nivel internacional.

Los impactos económico-financieros que se ha obtenido como producto de las continuas implementaciones de los sistemas de producción a nivel mundial, ha venido dejando hitos de competitividad cada vez más reforzadas y consecuentes con el contexto actual de avances tecnológicos, es por eso que los temas como: Mejora continua, innovación + desarrollo, automatización y estrategias se han convertido de suma importancia para que las diferentes industrias puedan mantener su posición en el mercado, sin embargo estos temas importantes no tendrían sentido si no tuvieran una causa aún más relevante llamada productividad. Según Niebel y Freivalds (2009, p. 1), “La única manera en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es a través del aumento de su productividad”.

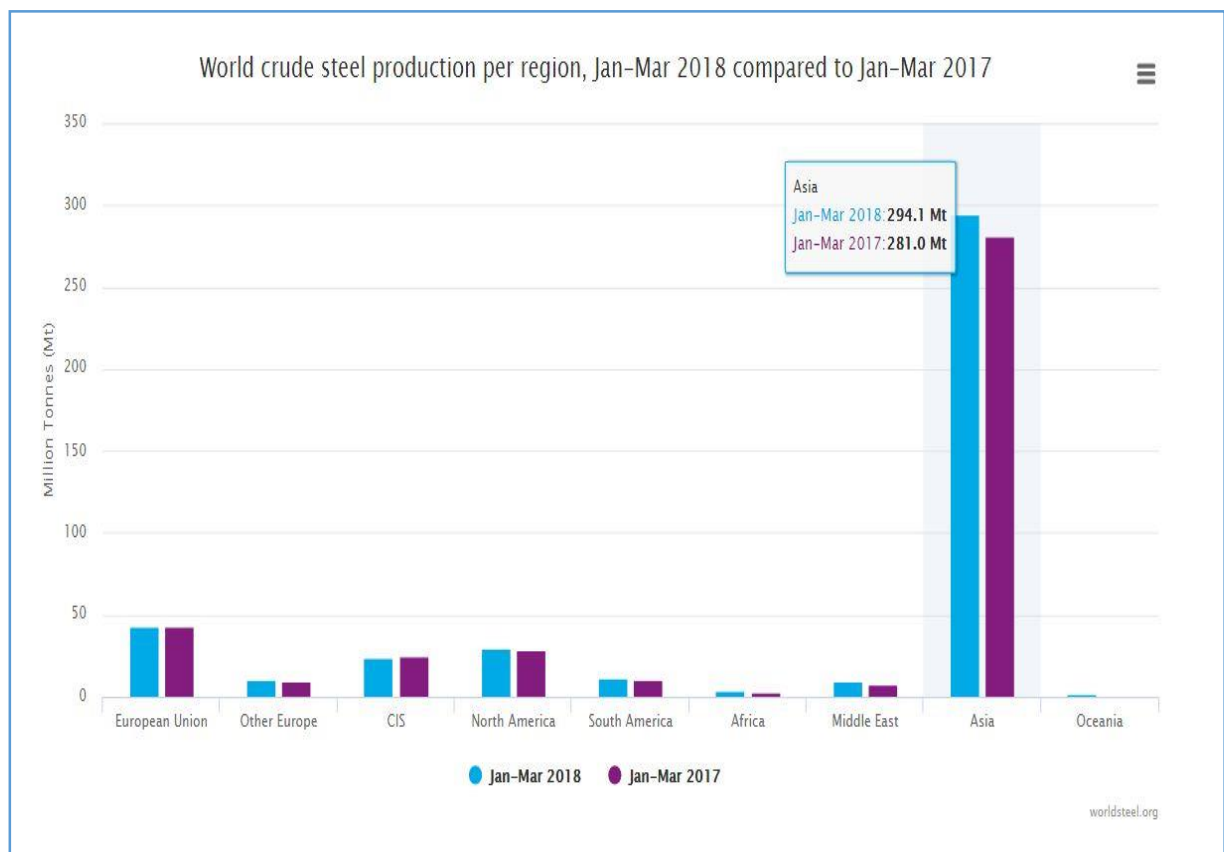


Figura 1: Producción mundial de acero crudo por regiones 2017 - 2018.

Fuente: World Steel asociación 2018.

Tal como se muestra en la figura 1, podemos observar que la industria de transformación del acero es uno de los temas constantemente tocados en el contexto de alta demanda de producción a nivel mundial el cual nos indica que dicha producción mundial ascendió a 426,6 TM en los primeros

tres meses del presente año, lo que representa un aumento interanual de 4,1% referente al primer trimestre del año 2017, comprendido en la producción de vehículos, fabricación de estructuras para la construcción, fabricación de componentes para la minería, hidroeléctricas, petróleo y energía, artículos de cocina, ferreterías, retail, entre otro, asimismo se puede observar que el indicador más alto lo tiene el continente asiático llegando a participar hasta con 294,1 TM de acero bruto, este indicador es representación de un aumento del 4,6% respecto al primer trimestre del año 2017 en la producción asiática.

1.1.2. A nivel Latinoamérica

En Latinoamérica sucede la misma tendencia respecto al consumo de acero laminado tal como se muestra en la figura 2, en el primer mes del año, la región registró un consumo de acero laminado de 226 mil TN que representa un incremento del 4% en relación a enero del 2017. Actualmente el Perú ha consumido 48 mil TN de acero laminado en enero del presente año cuyo uso es dirigido para proyectos de gran envergadura como: La fabricación de buques como es el BAP “UNION”, construida por los Servicios Industriales de la Marina-Callao o el viaducto “LINEA AMARILLA”, fabricada y montada por la empresa Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C. estos dos ejemplos son una pequeña demostración de la industria de transformación del acero en el Perú Dónde se procesan miles de toneladas de acero y Dónde intrínsecamente el insumo principal para la unión de esta materia prima es la soldadura en todas sus posibles presentaciones y procesos.

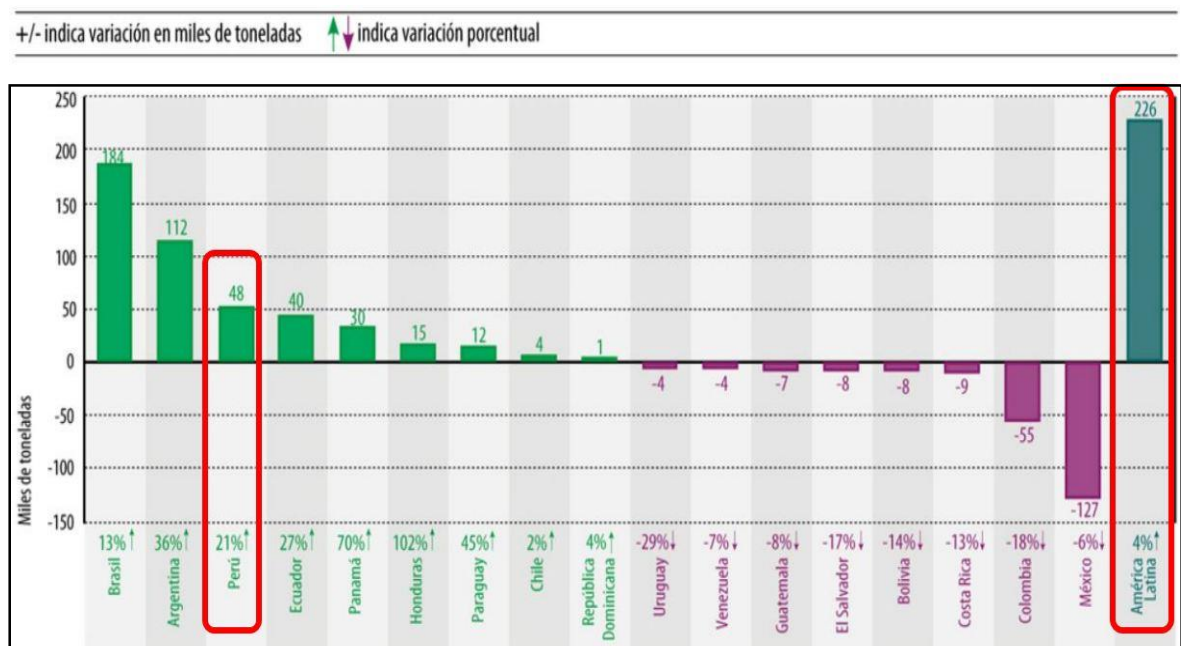


Figura 2: Variación anual en el consumo de acero laminado 2018 vs. 2017.

Fuente: Alacero.

1.1.3. A nivel local.

En este mismo escenario se encuentra la fabricación de un puente metálico vehicular y peatonal que unirá los distritos de Piura y Castilla, entre la avenida Luis Antonio Eguiguren y la avenida Independencia. Este puente tendrá 124 metros de largo y 20 de ancho, el arco metálico similar al Puente Bolognesi tendrá apoyo en las orillas, fuera del cauce del río Piura.



*Figura 3: Maqueta del Puente “Juan Pablo II”
Fuente:” Gobierno Regional de Piura*

La responsabilidad de la fabricación de la estructura metálica del proyecto “Puente Juan Pablo II”, viene siendo desarrollado por la empresa peruana Esmetal S.A.C. quien viene generando muchos puestos de trabajo en soldadura especializada y de alto rendimiento bajo los estándares internacionales para la construcción de puentes: La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, de American Association of State Highway and Transportation Officials, y los estándares internacionales de soldadura de la Asociación Americana de Soldadura o por sus siglas en inglés AWS, de American Welding Society que brinda soporte técnico normativo para las uniones realizadas por soldadura usando en este caso el código AWS-D1.5 que es específicamente para puentes metálicos, dichas organizaciones son estadounidenses pero son tomadas a nivel mundial como referencia técnica normativa de carácter legal para la ejecución de obras de envergadura mayores.

| Actividad | Ponderación | Variación porcentual 2018/2017 | |
|--|--------------|-----------------------------------|--------------|
| | | Marzo | Enero-Marzo |
| Sector Fabril No Primario | 75,05 | 2,15 | 1,43 |
| Bienes de Consumo | 37,35 | 6,08 | 3,01 |
| 1030 Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas | 1,61 | 69,28 | 30,96 |
| 1410 Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel | 6,77 | 10,07 | 8,77 |
| 1520 Fabricación de calzado | 1,23 | 28,67 | 20,31 |
| 3100 Fabricación de muebles | 2,70 | 10,35 | 5,54 |
| 2023 Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador | 2,88 | 8,30 | -4,46 |
| 2100 Fab. de prod. farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico | 1,99 | 6,09 | 4,56 |
| 1101 Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas | 0,22 | 24,37 | 4,27 |
| 1103 Elaboración de bebidas malteadas y de malta | 2,05 | -10,85 | 1,24 |
| 1104 Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas | 1,18 | -19,10 | -12,47 |
| Bienes Intermedios | 34,58 | -1,17 | -0,47 |
| 2511 Fabricación de productos metálicos para uso estructural | 1,83 | -13,88 | -15,57 |
| 1622 Fabricación de partes y piezas de carpintería para edificios y construcciones | 0,42 | -68,73 | -41,12 |
| 1313 Acabado de productos textiles | 0,83 | -42,97 | -40,10 |
| 2930 Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores | 0,49 | -31,07 | -8,21 |
| 1702 Fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón | 0,80 | 17,86 | 23,80 |
| 2410 Industrias básicas de hierro y acero | 1,72 | 34,74 | 14,38 |

Tabla 1: Subsector fabril no primario de marzo 2018.

Fuente: Ministerio de la producción.

En la tabla 1 se muestra la variación porcentual que se viene dando en la fabricación de productos metálicos de uso estructural en el mes de marzo de 2018 con base en el primer trimestre de 2017 emitida por el Ministerio de la producción 2018 cuya variación es de 1.83%, pero hablar de productos metálicos de uso estructural es también hablar de soldadura y según en portal web disponible en <https://andina.pe/agencia/noticia-soldadores-alta-especializacion-tienen-gran-demanda-peru-y-extranjero-710217.aspx> emitida el 20 de mayo del presente año indica que la demanda de soldadores especializados se ha incrementado en sentido concomitante a la industria del acero y el mercado industrial peruano por lo que no se ha logrado cubrir su alta necesidad de mano de obra debido a que la tecnología de la soldadura viene siendo revolucionada cada año de la mano con la automatización y sistemas computarizados que permiten realizar la efectividad de las operaciones con mayor productividad, esta transición solo lo están consiguiendo los técnicos interesados y estudiantes de actuales instituciones que desarrollan dichas tecnologías en el Perú tales como Senati y Soldexa.

Para la determinación de la causa-raíz que viene afectando la productividad en la empresa Esmetal S.A.C. se realizará mediante una combinación de técnicas de calidad y gestión como el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, el uso el uso y la aplicación de estas técnicas nos ayudaran a determinar las posibles causas y la causa raíz del problema que genera la baja productividad en la empresa Esmetal S.A.C. – Callao 2018. Según Niebel y Freivalds (2009, p. 1), “Doce por ciento de los costos totales en que incurre una empresa fabricante de productos metálicos está representado por trabajo directo, 45% por materia prima y 43% por gastos generales”.

Diagrama de Ishikawa: “También conocida como diagrama Espina de pescado o diagrama Causa – raíz: es un método que consiste en definir las ocurrencias de un evento o problema no deseable, Dónde el efecto se representa en la “cabeza del pescado” y después se identifican los factores que contribuyen a su conformación de la “espina del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado” (Niebel y Freivalds 2009, p. 19).

Según Niebel y Freivalds (2009, p. 19), “el proceso continúa hasta que se detectan todas las causas posibles, las cuales deben incluirse en una lista a identificar soluciones potenciales, es posible que este proceso también tienda a identificar soluciones potenciales”.

La aplicación de los diagramas de pescado tiene mucho éxito en los círculos de calidad en diferentes empresas y en Esmetal es usada para el levantamiento de incidentes o accidentes laborales, fallas en los procesos y en esta investigación será aplicada como herramienta de ayuda para encontrar las causas – raíz del problema de la baja productividad.

Las doce posibles causas que presentamos a continuación está establecida por la técnica antes mencionada y muestran una minuciosa observación y comunicación contante con los involucrados en estos procesos logrando la contribución de todos los trabajadores diferentes.

| Elemento | Posibles causas |
|-----------------|---|
| C1 | Falta de experiencia para juntas de penetración completa. |
| C2 | Falta de capacitación para código AWS-D1.5 |
| C3 | No se ejerce limpieza periódica sobre máquinas de soldar. |
| C4 | Disponibilidad limitada de puente grúa. |
| C5 | Exigentes posturas ergonómicas inadecuadas. |
| C6 | Temperaturas agregadas durante el proceso de soldadura. |
| C7 | Fabricación inadecuada de juntas a soldar. |
| C8 | Deficiente control térmico uniforme durante soldeo. |
| C9 | Incumplimiento del procedimiento de soldadura. |
| C10 | Alto índice de rechazo de soldadura en END por UT. |
| C11 | Deficiencia en el control de defectos visuales de soldadura. |

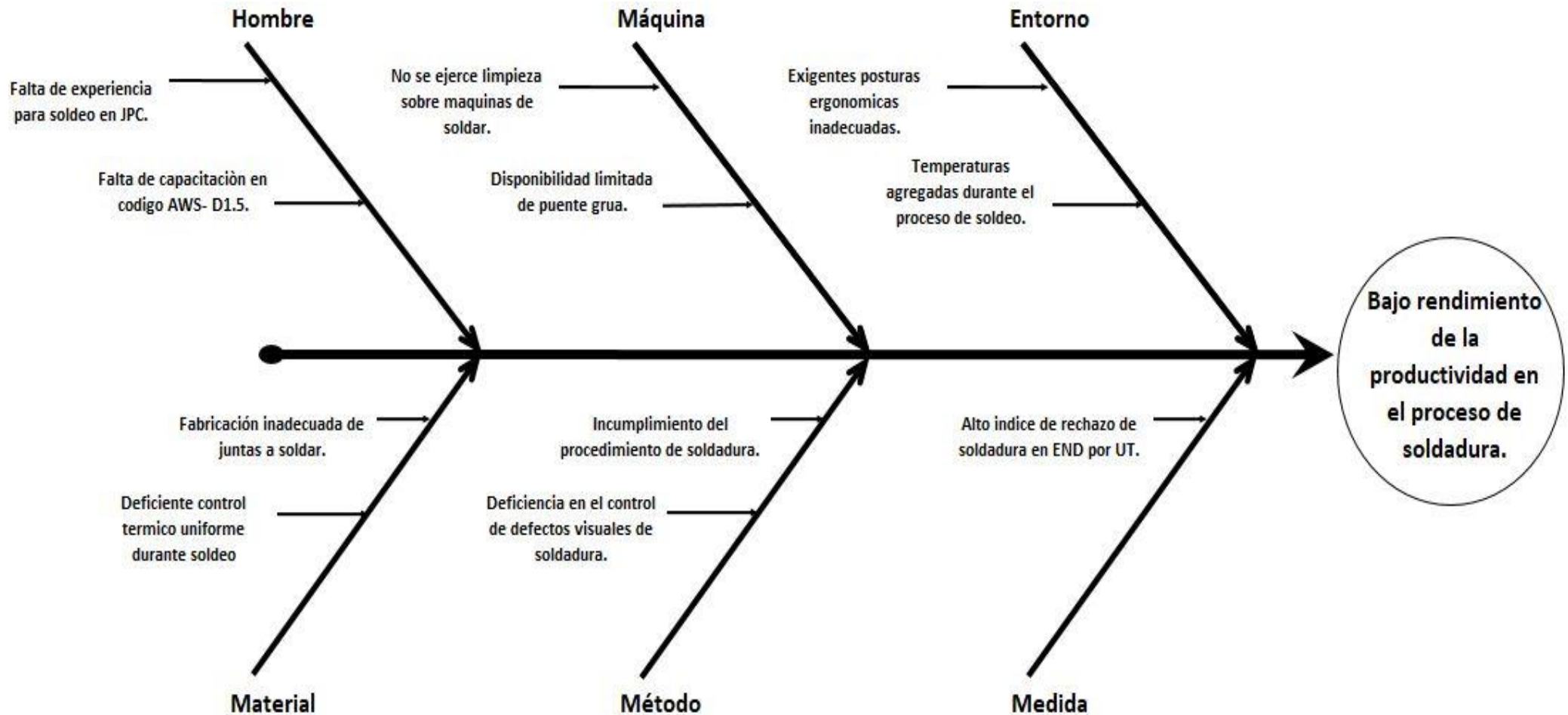
*Tabla 2: Cuadro de posibles causas.
Fuente: Elaboración propia.*

Inmediatamente después de haber quedado bien definido, delimitado y localizado los problemas importantes, se procede a investigar cada una de las posibles causas. Una de las grandes herramientas de especial utilidad para esta investigación es el diagrama de causa – efecto o diagrama de Ishikawa, un método gráfico mediante el cual se representa y analiza la relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas (Gutiérrez Pulido, 2014, p. 206).

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO / Bajo rendimiento de la productividad en el proceso de soldadura.

ESMETAL S.A.C. - Sector de Producción

EQUIPO DE TRABAJO: Marcos Josué Pèrez Guerra.



*Figura 4: Diagrama de Ishikawa.
Fuente: Elaboración propia.*

Matriz de correlación.

Para un análisis más minucioso se procederá a cuantificar las incidencias de las causas entre relacionadas mediante esta matriz de relación. Esta matriz tiene sus orígenes en el área de salud metal y ha servido por mucho tiempo para realizar diferente análisis a los pacientes de psicología sin embargo debido a su gran utilidad y versatilidad ha trascendido a muchas áreas de la industria y en esta oportunidad nos ayudara a empezar a encontrar las mayores frecuencias entre las causas mencionadas teniendo en cuenta que si tiene relación=1 y si no tiene relación = 0.

| Nº | Causas que originan la baja productividad en el proceso de soldadura. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | Frec. |
|-----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|
| C1 | Falta de experiencia para soldeo en JPC. | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| C2 | Falta de capacitación para código AWS-D1.5. | 1 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| C3 | No se ejerce limpieza periódica en las máquinas de soldar. | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C4 | Disponibilidad limitada de puente grúa. | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C5 | Exigentes posturas ergonómicas inadecuadas. | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C6 | Temperaturas agregadas durante el proceso de soldadura. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| C7 | Fabricación inadecuada de juntas a soldar. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| C8 | Deficiente control térmico uniforme durante soldeo. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 3 |
| C9 | Incumplimiento del procedimiento de soldadura. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 6 |
| C10 | Alto índice de rechazo de soldadura en END por UT. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 3 |
| C11 | Deficiencia en el control de defectos visuales de soldadura. | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 8 |

*Tabla 3: Matriz de correlación.
Fuente: Elaboración propia.*

Tabla de frecuencias absolutas y relativas: Esta tabla es la primera parte del diagrama de Pareto la misma que sirve para tabular las causas de mayores incidencias, sus frecuencias, el porcentaje de frecuencia acumulada, el porcentaje de frecuencia absoluta y la columna de importancia considerando el 20% como de importancias vitales y el 80% de importancias triviales y de aquí es donde parte la realización del gráfico de Pareto.

| Causas que originan la baja productividad en el proceso de soldadura. | Frec. | Absoluta acumulada | Relativa unitaria% | Relativa acumulada % | 80-20 |
|---|-----------|--------------------|--------------------|----------------------|-------|
| Falta de experiencia para soldeo en JPC. | 10 | 10 | 20% | 20% | 80% |
| Fabricación inadecuada de juntas a soldar. | 9 | 19 | 18% | 37% | 80% |
| Deficiente control de defectos visuales de soldadura. | 8 | 27 | 16% | 53% | 80% |
| Falta de capacitación para código AWS-D1.5. | 7 | 34 | 14% | 67% | 80% |
| Incumplimiento del procedimiento de soldadura. | 6 | 40 | 12% | 78% | 80% |
| Alto índice de rechazo de soldadura en END por UT. | 3 | 43 | 6% | 84% | 80% |
| Deficiente control térmico uniforme durante soldeo. | 3 | 46 | 6% | 90% | 80% |
| Temperaturas agregadas durante el proceso de soldadura. | 2 | 48 | 4% | 94% | 80% |
| No se ejerce limpieza periódica en las máquinas de soldar. | 1 | 49 | 2% | 96% | 80% |
| Exigentes posturas ergonómicas inadecuadas. | 1 | 50 | 2% | 98% | 80% |
| Disponibilidad limitada de puente grúa. | 1 | 51 | 2% | 100% | 80% |
| Total | 51 | | 100% | | |

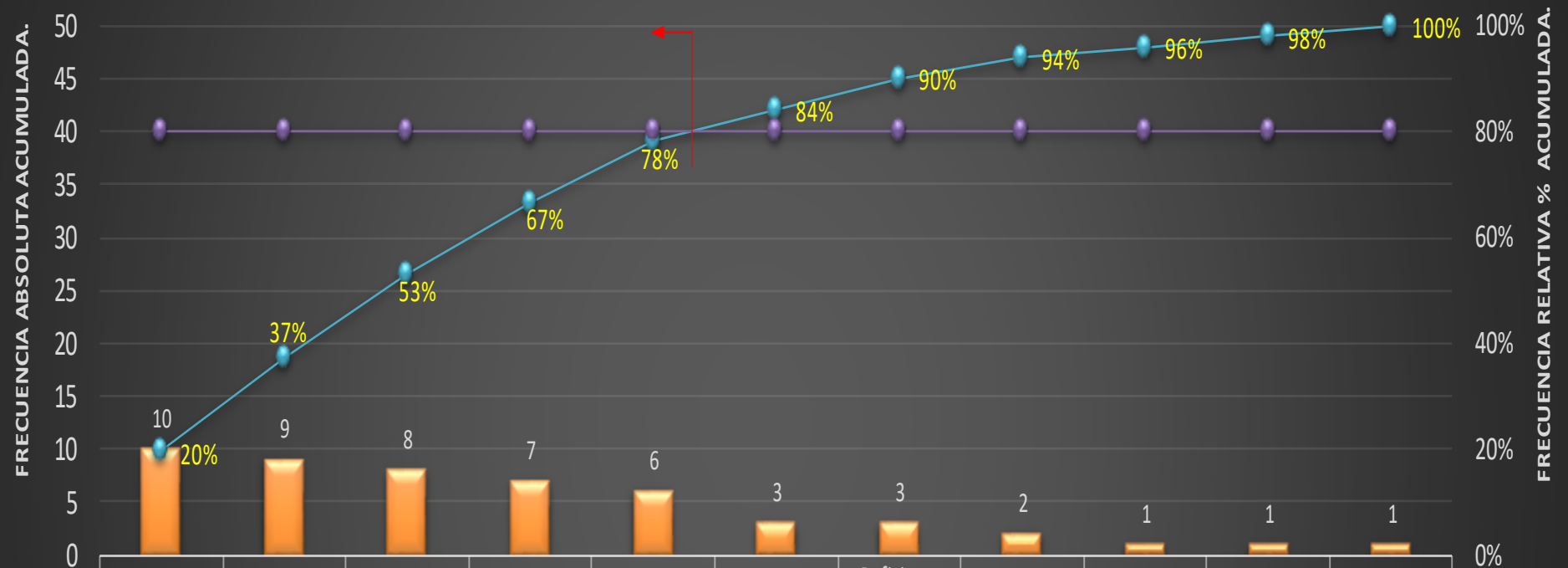
*Tabla 4: Tabla de frecuencias absolutas y relativas.
Fuente: Elaboración propia.*

Gráfico de Pareto.

Esta técnica fue creada por el economista Wilfredo Pareto para explicar la concentración de la riqueza, esta técnica menuda se conoce como la regla 80 – 20, por ejemplo, 80% del inventario total se encuentra en solo 20% de los artículos del inventario o 20% de los trabajos provocan aproximadamente el 80% de los accidentes. Conceptualmente, el analista de métodos concentra el mayor esfuerzo solo en algunos pocos trabajos que generan la mayor parte de los problemas. En muchos casos, la distribución de Pareto puede transformarse en una línea recta utilizando la transformación log normal a partir de la cual se pueden hacer más análisis cuantitativos (Niebel y Freivalds, 2005, p. 18-19).

Es imposible y poco práctico pretender resolver todos los problemas o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, el diagrama de Pareto es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son las variables o datos categóricos, cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como las causas más importantes, la idea es escoger un proyecto que alcance la más grande mejora al menor esfuerzo. (Gutiérrez, H. 2014, p.193).

CAUSAS QUE ORIGINAN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA



| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Frec. | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Relativa acumulada % | 20% | 37% | 53% | 67% | 78% | 84% | 90% | 94% | 96% | 98% | 100% |
| 80-20 | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% |

Figura 5: Gráfico de Pareto
Fuente: Elaboración propia.

A través de las herramientas de la calidad Espina de pescado y Diagrama 80/20 utilizadas anteriormente, se ha encontrado que las principales causas por la cual la productividad en el proceso de soldadura ha disminuido son las siguientes:

Frec. 10: Operarios con falta de experiencia para soldar juntas de penetración completa.

Frec. 9: Fabricación inadecuada de juntas de soldadura.

Frec. 8: Deficiente control de defectos visuales de soldadura.

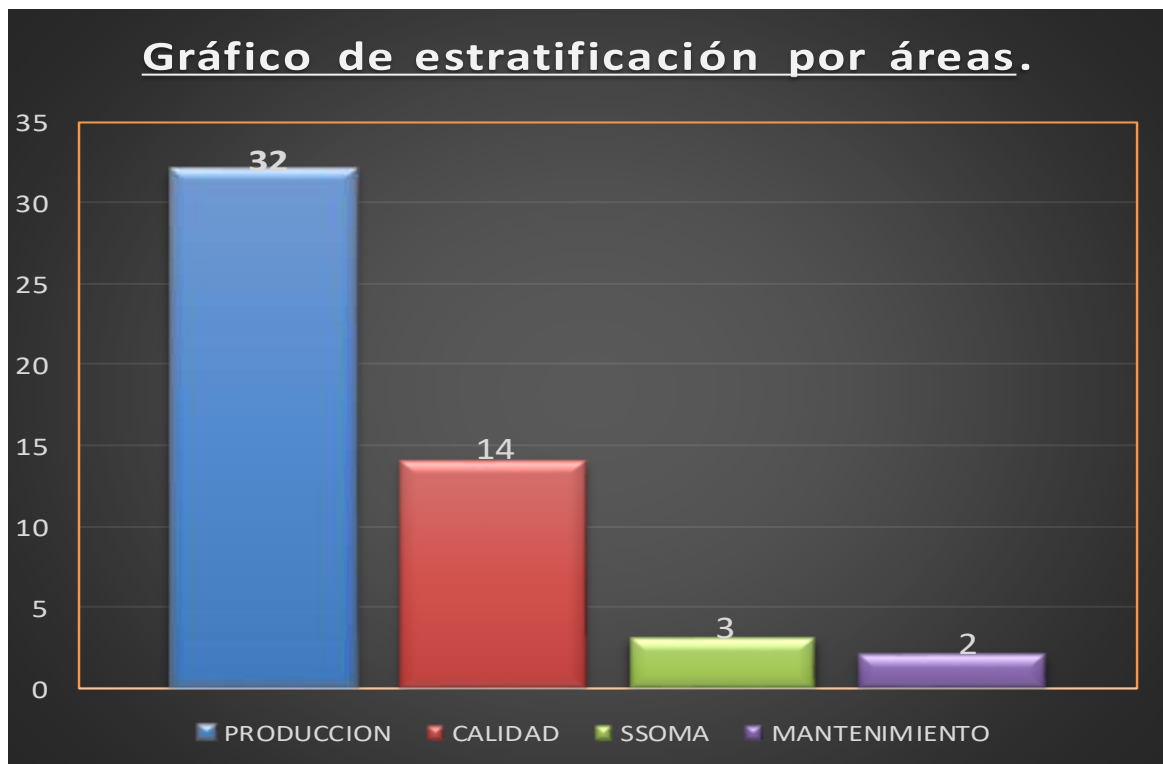
Frec. 7: Falta de capacitación para código AWS-D1.5.

Frec. 6: Incumplimiento del procedimiento de soldadura.

Después identificar las principales causas brindadas por la herramienta de la calidad DIAGRAMA 80/20, se procede a estratificar por áreas las causas del problema para consolidar el área a la que pertenece el problema e ir enfocando las alternativas de solución.

| Causas que originan baja productividad en el procesos de soldadura. | Áreas | Frec. |
|---|---------------|-------|
| Falta de experiencia para soldeo en JPC. | PRODUCCIÓN | 10 |
| Fabricación inadecuada de juntas a soldar. | | 9 |
| Falta de capacitación para código AWS-D1.5. | | 7 |
| Incumplimiento del procedimiento de soldadura. | | 6 |
| Deficiente control de defectos visuales de soldadura. | CALIDAD | 8 |
| Alto índice de rechazo de soldadura en END por UT | | 3 |
| Deficiente control térmico uniforme durante soldeo. | | 3 |
| Exigentes posturas ergonómicas inadecuadas. | SSOMA | 1 |
| Temperaturas agregadas durante el proceso de soldadura. | | 2 |
| No se ejerce limpieza periódica en máquinas de soldar. | MANTENIMIENTO | 1 |
| Disponibilidad limitada de puente grúa. | | 1 |

*Tabla 5: Estratificación por áreas.
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 6: Gráfico de estratificación por áreas.
Fuente: Elaboración propia.*

En el gráfico 5 se determina la estratificación de áreas en relación con las frecuencias de las causas por lo tanto se observa que el área que representa la mayor cantidad de causas es el área de producción con un total de 32, seguida del área de calidad con 10, luego el área de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente con 3 y finalmente el área de mantenimiento con 2.

A continuación, se presentará la matriz de priorización para determinar el nivel de criticidad que tienen estas áreas, determinado las medidas a tomar respecto a estas criticidades.

Matriz de priorización

Es una herramienta de contenido correlacional que permite la selección de alternativas sobre criterios de ponderaciones extraído de las tablas y matrices anteriores. Donde se examina la cantidad de frecuencia por cada una de las dimensiones de las “6M” de Ishikawa y para medirlos en un nivel ponderado de criticidad para luego pasar a una razón porcentual y calificarlo por prioridades en una escala de apreciación planteado en conversación con mi jefe inmediato.

| Porcentajes | Impacto | Prioridad |
|-------------|---------|-----------|
| 0 - 14% | 2 | 4 |
| 15% - 29% | 4 | 3 |
| 30% - 49% | 6 | 2 |
| 50% - más | 10 | 1 |

Tabla 6: Escala de impacto y prioridad según porcentajes.
Fuente: Planteamiento con el Jefe inmediato.

| Porcentajes | Nivel de criticidad |
|-------------|---------------------|
| 0 - 25% | BAJO |
| 26% - 50% | MEDIO |
| 51% - más | ALTO |

Tabla 7: Niveles de criticidad según porcentajes.
Fuente: Planteamiento con el Jefe inmediato.

| Consolidación de causas por área | Mano de obra | Maquinas | Entorno | Materiales | Metodos | Medición | Niv. de criticidad. | Total de problemas. | % | Impacto | Calificación | Prioridad | Medida a tomar. |
|----------------------------------|--------------|----------|---------|------------|---------|----------|---------------------|---------------------|------|---------|--------------|-----------|------------------|
| SSOMA | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | BAJO | 3 | 6% | 3 | 9 | 1 | PHVA |
| PRODUCCIÓN | 17 | 0 | 0 | 9 | 6 | 0 | ALTO | 32 | 63% | 10 | 320 | 4 | ING. DE MÉTODOS. |
| CALIDAD | 0 | 0 | 0 | 3 | 8 | 3 | MEDIO | 14 | 27% | 6 | 84 | 3 | TQM |
| MANTTO | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | BAJO | 2 | 4% | 2 | 4 | 2 | TPM |
| Total de Problemas. | 17 | 2 | 3 | 12 | 14 | 3 | | 51 | 100% | | | | |

Tabla 8: Matriz de priorización.
Fuente: Elaboración propia.

Según lo expuesto por la tabla 7, el área con el nivel ALTO es el área de producción con un mayor porcentaje de problemas y una calificación de 320 y prioridad 1 lo cual indica que le corresponde el 1er lugar de atención para la solucionar el problema de baja productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C.

Alternativas de solución

En la siguiente tabla se plantea cuatro posibles soluciones los cuales están evaluados de acuerdo a cuatro criterios enfocados a la conveniencia de la empresa los cuales se analizaron juntamente con el coordinador del área de Esmetal S.A.C.

| ALTERNATIVAS | CRITERIOS | | | | Total |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-------|
| | Solución a la problemática | Costo de aplicación | Facilidad de aplicación | Tiempo de aplicación | |
| TQM | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| PHVA | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| TPM | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| INGENIERÍA DE MÉTODOS | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| No bueno(0)- Bueno(1)- Muy Bueno(2) | | | | | |
| Criterios establecidos. | | | | | |

*Tabla 9: Alternativas de Solución.
Fuente: Planteamiento con el jefe inmediato*

Considerando los resultados del gráfico de Pareto, la matriz de estratificación y la matriz de priorización se ha propuesto la Ingeniería de métodos para resolver los problemas más resaltantes de los análisis ya realizados e incrementar la productividad en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C.

1.2. Trabajos previos.

1.2.1. Nacionales.

CHAVARRIA, Alexander. Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en el área de cromo duro de la empresa Recolsa S.A. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 117p.

La presente investigación tiene como objetivo incrementar la productividad en el área de cromo duro de la empresa Recolsa S.A. y para esto el investigador ha identificado causas de baja productividad como la mala gestión de los parámetros de control de producción en tiempos, los continuos reprocesos y la pérdida de horas hombre en el área para lo cual el investigador determinó estudiar las operaciones del proceso durante 26 semanas bajo el diseño cuasi-experimental. Durante el periodo de octubre del 2016 a marzo del 2017 los cuales fueron procesados en el programa Excel y el programa estadístico SPSS, obteniendo los siguientes resultados.

La aplicación de la ingeniería de métodos permitió el incremento significativo de la productividad en 11% como consecuencia del incremento de la eficacia que fue en un 9%. Los indicadores antes mencionados han sido analizados mediante el constante monitoreo de las piezas cromadas realizadas en comparación a las piezas ya programadas y asimismo, mediante el estudio de tiempos, se logró reducir el índice de fallas en las operaciones del proceso de cromado de 10% a 4% lo que equivale decir que a 70 fallas por mes se redujo a 38 fallas por mes siendo así la mejora del 6%, de esta manera también se logró reducir el tiempo de ciclo del proceso de cromado de 16 horas a 11 horas por unidad de pieza a cromar.

De esta manera el investigador demuestra que la aplicación de la ingeniería de métodos dio resultados óptimos en Recolsa S.A. y por ende este trabajo de investigación será considerado para mi proyecto de investigación debido a los indicadores efectuados y sus resultados obtenidos.

CAPRISTANO, Raúl. Aplicación de la Ingeniería de Métodos en el Proceso de Soldadura para mejorar la Productividad en MQS Inspection Group S.A.C. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 157p.

En el trabajo mencionado el investigador aplica la ingeniería de métodos en una empresa que lleva de 11 años dedicada a la asesoría, capacitación, supervisión, aseguramiento, control de calidad y ensayos no destructivos de los procesos metalmecánicos. El investigador encontró problemas respecto los métodos y procedimientos de trabajos establecidos y que estas generan baja productividad en la organización por lo que sugiere mejorar los aspectos mencionados por medio de la implementación a través de la implementación de las herramientas del estudio de tiempos y movimientos, las cuales se realizaron dentro de la norma establecida habilitados por la escuela académico profesional de ingeniería industrial.

La presente investigación fue desarrollada bajo el método cuasi-experimental tomando datos no aleatorios para su investigación usando metodologías de procedimientos de soldadura establecidas por la norma AWS American Welding Society, en el área de mecánica, Dónde se ejecutó la capacitación de soldadores en la empresa MQS Inspection Group S.A.C.

El investigador concluye que con la aplicación de la ingeniería de métodos se incrementa la productividad en el proceso de soldadura en un 23,08%. De igual manera sucede con la eficiencia incrementándose un 8,69% generándose una reducción de 32:15 minutos en las operaciones de realización de cupones de prueba y por último se incrementó la eficacia en 24,64%.

Todos estos indicadores antes mencionados aportan de manera intrínseca para mi investigación debido a que el ahorro en costos de reprocesos ha sido S/.1368.00 por mes para las operaciones de capacitación a los trabajadores de la organización en mención.

UNOCC, Luis. Aplicación de la Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en la línea de mecanizado de la empresa JBC maquinarias S.A, Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 191p.

La presente investigación se realizó en una empresa que se dedica a la fabricación de repuestos para maquinarias de imprenta y también para el sector automotriz. El objetivo de esta investigación es mejorar la productividad en la línea de mecanizado de la empresa JBC maquinarias S.A. aplicando la ingeniería de métodos tomando como referencia una muestra en la cantidad de producción de repuestos de bronce bajo el diseño cuasi-experimental por un periodo de 90 días y utilizando el método de la observación y recolección de datos de los procesos durante los meses de enero a marzo logrando identificar las actividades que no agregan valor y por ende las causas que originan el problema dentro de la baja productividad.

El investigador concluye que existe una mejora después de la aplicación de la Ingeniería de métodos sobre la productividad en el área de mecanizado de la empresa JBC Maquinarias, debido a que en su investigación previa la productividad se encontraba en un 68 %, posterior a la implementación se obtuvo un incremento de 19.11%, de manera que hasta su último dato la productividad alcanzada fue de 81%. Del mismo modo se pudo obtener un incremento de 7.59% en la eficiencia y 11.76% en la eficacia, de manera que se estableció un total de 95% de eficacia.

De esta manera el investigador demuestra que la aplicación de la Ingeniería de métodos es efectiva en la empresa JBC Maquinarias SA, tomándose como referencia para mi proyecto de investigación para indicar el impacto que genera la influencia sobre la aplicación del estudio de métodos dentro de una organización.

LOPEZ, Valeria. Aplicación del Estudio del Trabajo para la mejora de la productividad en el área de maestranza de la empresa Tomocorp S.A.C. Lima-2016 Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 154p.

El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo la mejora de la productividad en el área de maestranza en la empresa Tomocorp S.A.C. ubicado en el distrito de puente piedra dedicada a la fabricación de equipos de bombeo sumergibles y ventiladores axiales que pasan por los procesos de modelado, fundición, maestranza, control de calidad, montaje, pintura y embalaje. Donde el investigador aplica un diseño cuasi-experimental y métodos de ingeniería para optimizar procesos y mejorar tiempos.

El investigador realizó las técnicas de observación y luego pasó a usar las herramientas designadas del estudio del trabajo como es el control de tiempos de las operaciones que forman parte del proceso y los diagramas correspondientes en el área de maestranza ya que fue ahí donde se identificó el cuello de botella lo cual no le permitía a la organización terminar sus productos en el plazo establecido, esto le traía consecuencias negativas para poder expandirse en el mercado debido a la baja rentabilidad e incompetencia en el mercado que traía consigo los problemas de la baja productividad.

Los datos fueron recogidos por medio de formatos que ya están establecidos en la aplicación del estudio de método y estos datos fueron contrastados por medio del SPSS Statistics 23, proporcionando como resultado el incremento de la productividad hasta en 66.2% en comparación a la evaluación anterior que era 28.2%.

De esta manera el investigador concluye que se duplica la productividad, determinando en su investigación que la aplicación del estudio del trabajo mejoró la productividad y por ende la rentabilidad de la organización. Esta investigación será tomada como referencia por la similitud que se presenta en la problemática y la variable dependiente que es la productividad.

RUIZ, Heber. Estudio de métodos de trabajo en el proceso de llenado de tolva para mejorar la productividad de la empresa Agrosemillas Don Benjamín E.I.R.L. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2016, 222p.

La investigación presentada abarca el proceso de llenado de arroz en la tolva de procesamiento en la empresa Agrosemillas Don Benjamín E.I.R.L. Esta empresa procesa arroz para su posterior distribución y comercialización. La productividad del proceso se ve reducida debido a la distancia variable que existe entre las pilas de arroz, las cuales están compuestas por distintos tipos de granos y la tolva de procesamiento. El grano debe viajar desde su lugar de almacenamiento hasta la maquinaria.

El investigador ha planteado como objetivo del trabajo incrementar la productividad del proceso mediante el uso de las herramientas del estudio del trabajo como los diagramas de operaciones de procesos, diagramas de análisis de procesos, diagramas de flujo, Lay out de la empresa y los diagramas de causa – efecto. El investigador propuso como mejora en el proceso la adquisición de una carretilla hidráulica para facilitar el transporte de los sacos de arroz, así como la implementación de una faja transportadora que alimente directamente los sacos de arroz a la tolva de procesamiento.

El investigador concluye que, a través de estas mejoras, la eficiencia se incrementó en 3.67% y la eficacia en 20% y efectivamente mediante estos indicadores se incrementó la productividad pues se eliminaron movimientos innecesarios y el transporte se convirtió en una actividad más eficiente y menos tediosa para los operarios, por estas razones esta investigación será tomada como referencia debido a que contribuye con el objetivo de mejorar los métodos en las operaciones de producción.

1.2.2. Internacionales.

ALZATE, Natalia y SÁNCHEZ Julián. Estudio de métodos y tiempos de la línea de producción de calzado tipo “clásico de dama” en la empresa de calzado caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación., Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial, 2013, 77p.

La presente tesis indicada líneas arriba comprende la realización del estudio de tiempos y métodos de producción de calzado de dama “caprichosa”. El estudio aborda el análisis de la situación previa al trabajo de investigación en el cual se detallan los tiempos por actividad, los movimientos y los costes relacionados a la producción.

Para este trabajo, el investigador fijó como objetivo: “Definir un nuevo método de producción más práctico, económico y eficaz y su estándar de tiempo para la línea de producción del calzado tipo “clásico de dama” en la empresa de calzado Caprichosa”. Adicionalmente, para la consecución de este objetivo, el investigador se vale de las herramientas del estudio del trabajo como la toma de tiempos, diagramas de flujo, diagramas de actividades del proceso y Lay out de la planta.

El investigador concluye que la aplicación del estudio de métodos logró identificar y generar propuestas de mejora en la ejecución de las distintas tareas en cada estación de trabajo, así mismo se fijó un estándar de tiempo de fabricación con las diferentes propuestas de mejora y también se determinó un nuevo método para la fabricación de calzados, demostrando reducción en los costos de mano de obra y el incremento de la productividad.

De esta manera esta investigación es tomada por la influencia que incurre el estudio de métodos en la productividad tratándose de mi variable independiente.

RAMIREZ, Anyeli. Estudio de tiempos y movimientos en el área de evaporador de la empresa SeAH Precisión México S.A. Trabajo de titulación (Técnico Superior Universitario en Procesos de Producción). Querétaro: Universidad Tecnológica de Querétaro.2010. 47 p.

En el presente trabajo de investigación se tiene como objetivo principal reducir los tiempos no productivos, disminuir la fatiga en los operarios por movimientos repetitivos y por ende aumentar la productividad en el área de evaporador, aplicando el estudio de tiempos y movimientos que serán de utilidad como fundamento para optimizar tiempos de procesamiento y definir estándares de tiempos operativos la línea evaporadora de la empresa SeAH Precisión México S.A. Dónde el investigador realizó un estudio de tipo aplicativo y diseño cuasi-experimental debido a que sus análisis se ejecutan en pruebas y post pruebas.

El investigador trabajó este proyecto de manera asertiva de modo que se llegó a conseguir la reducción de los tiempos no productivos logrados mediante el rediseño de las estaciones de trabajo y la implementación de instructivos

El investigador concluye que el estudio de tiempos y movimientos tuvo éxito debido a que se incrementó la productividad de 78% a 88%. De esta manera la presente investigación es tomado como referencia por el aporte que infiere respecto a las dimensiones que representa mis variables dependiente e independiente.

CAJAMARCA, Diego. Estudio de tiempos y movimientos de producción en planta, para mejorar el proceso de fabricación de escudos en Kaia bordados. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de estudios a distancia Programa de Ingeniería Industrial, 2015, 77p.

El trabajo mencionado líneas arriba tiene como principal objetivo mejorar el proceso de fabricación de escudos bordados en la empresa KAIA BORDADOS. Donde el investigador cuenta con una serie de problemas que repercuten directamente en la productividad del mismo.

Según el investigador entre ellos tenemos: Un bajo rendimiento de productividad en los empleados, poco espacio de trabajo y lugares inadecuados de trabajo, estas causas identificadas han venido generando baja productividad mostrándose reproceso de los productos por defectos en la presentación o acabados de los bordados. Luego que el investigador analizo las mencionadas causas a través del uso de las herramientas de ingeniería de métodos llegó a la conclusión que es necesario establecer una estandarización de los procesos mediante la toma de tiempos y el rediseño del proceso mediante la propuesta que permitió disminuir el número de productos defectuosos en Kaia Bordados a través de estudio de métodos y tiempos, con el fin de aumentar la calidad de los productos y la rentabilidad de la compañía.

El investigador concluye que la adquisición de una nueva máquina cuyas características generan expectativas positivas mediante con la aplicación de la ingeniería de métodos se consiguió el beneficio esperado bajo los siguientes criterios: Se identificó que a través de la compra de una máquina de bordar con 4 cabezotes que trabaja a 1.100 puntadas por minuto se podría reducir los tiempos de bordado de 427,2 a 388,2 lo cual generaría más ganancia y podría reducir el número de productos defectuosos a causa de fallas en la maquina por mal posicionamiento y mal flujo del hilo.

Se definió que el proceso de bordado tendrá una tasa de producción de ratio alto aproximadamente de 75 bordados por hora hombre a través de un balance líneas, sin necesidad de contratar más colaboradores o rotación de área a los actuales colaboradores de planta. De esta manera este trabajo de investigación formara parte de mi proyecto debido a su similitud referente a la implementación de una nueva tecnología bajo el criterio del estudio de métodos.

USTATE, Elkin. Estudio de métodos y tiempos en la planta de producción de la empresa Metales y Derivados S. A. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, 2007, 54p.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal el aprovechamiento de los recursos existentes tales como: Mano de obra, materia prima y equipos mediante el estudio de métodos y movimientos, el investigador comenzó esta investigación de tipo aplicativo, explicativo, cuantitativo y de diseño cuasi-experimental por lo que los grupos de investigación no son tomadas de manera aleatoria sino que ya estaban formadas antes del inicio de la aplicación el estudio del trabajo y el análisis de tiempos llegando así a un consolidado de distribución física de la planta C.I Metales y Derivados S.A. realizando primero un pre análisis de la planta, Dónde se presentaron propuestas con el fin de realizar mejoras para obtener un adecuado flujo de recursos humanos y de los materiales. Dichos análisis se realizaron mediante los formatos del estudio del trabajo tales como: Diagrama de análisis de procesos, diagrama de flujo de operaciones y recolección de datos con formatos de campo.

El investigador concluye que la aplicación del estudio del trabajo ha mejorado los siguientes puntos en la empresa: Se ha logrado obtener una mejor experiencia para realizar la toma de tiempos y asignar calificaciones a los operarios según su ritmo de trabajo. Se ha obtenido una mejor distribución de la planta en sentido lineal y fluido, de manera que permitió el incremento de la eficiencia de 56% a 67% en la planta y por ende aumentó la productividad en 12% logrando así reducir desperdicios de materias primas y horas hombres.

Este trabajo de investigación será tomado como referencia para mi investigación debido a su naturaleza del rubro en la cual se desarrolla que son los metales y así mismo coincide con mis variables dependiente e independiente.

MARTÍNEZ, William. Propuesta de mejoramiento mediante el estudio del trabajo para las líneas de producción de la empresa Cinsa Yumbo. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, Programa de Ingeniería Industrial, 2013, 93p.

El presente trabajo de investigación, analiza el proceso de producción de cilindros y tanques estacionarios para almacenamiento de gases de la empresa Cinsa – Yumbo la cual, como en los estudios mencionados en los anteriores antecedentes se presentan deficiencias tales como: La falta de estandarización de los procesos, alto índice de tiempos no efectivos, falta de medición de la productividad y para ello, el investigador ha determinado como objetivo del estudio presentar el desarrollo del método con la aplicación de las siguientes herramientas: Estudio de métodos, Diagrama de proceso, Diagrama hombre-máquina, Estudio de tiempos y Balance de Línea.

El investigador concluye el periodo estándar luego de comparar la situación después de la aplicación del estudio del trabajo y haber logrado el objetivo de incrementar la productividad determinando lo siguiente: Definir el estándar para el tiempo de producción como factor clave para el análisis del trabajo de la empresa, asimismo cumplió con la eliminación de las actividades que no agregan valor re-definiendo un conjunto de operaciones renovadas logrando reducir los tiempos de producción aumentando la eficiencia de un 63% a un 75% lo que equivale decir que el tiempo en días de fabricación se reduciendo de 40 horas hombre a 28 horas hombre contando con la misma cantidad de trabajadores logrando un ahorro en coste de fabricación de \$ 3,860.00 por tanque construido.

De esta manera este trabajo de investigación formará parte de mi referencia de antecedentes por la coincidencia en la formulación de su propuesta de mejora.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

Para mayor comprensión y mejor percepción acerca de los temas que se mencionarán constantemente en esta investigación se presenta los diversos conceptos cuyos autores están correctamente citados.

1.3.1. Variable independiente: Ingeniería de Métodos.

Según García (2005, p. 1) “El diseño de métodos es la técnica cuyo objetivo es el incremento de la productividad por medio de la supresión de los desperdicios de los recursos de la empresa ya sea tiempo, recurso humano y material. Asimismo, la ventaja de esta técnica es que brinda a las empresas una mejor calidad y precio en sus productos mediante la factibilidad de la producción en los procesos, esta es una de las teorías usadas frecuentemente por los estudiantes universitario debido a que nos introduce un panorama horizontal sobre la ingeniería de métodos.

Otra de las teorías que resaltaré como referencia para mi investigación es la de Niebel y Freivalds (2009, p. 3) Dónde describe a la ingeniería de métodos, estudio del trabajo y análisis de operaciones como sinónimos y que todos apuntan a incrementar la productividad sin embargo él pone su sello indicando que la ingeniería de métodos se realiza en dos tiempos, primero asignando la responsabilidad al ingeniero de métodos como el único responsable del diseño y desarrollo de varios centros de trabajo Dónde su productos serán procesados y segundo, indica también que el ingeniero de métodos nunca debe dejar de estudiar estos centros de trabajos de la cual se mencionó anteriormente con la finalidad de encontrar siempre una mejor forma de fabricar el producto y/o mejore su calidad.

Esta teoría nos revela que para entonces ya se habían realizado muchas definiciones del estudio del trabajo en sus diferentes dimensiones por ello la verticalidad de homogeneizar todos términos referidos al estudio del trabajo, sin embargo, el aporte que nos brinda Niebel y Freivalds (2009, p. 3) se vuelve de suma importancia ya que coloca un único dueño y responsable de la realización del estudio de métodos con carácter de autoridad.

Finalmente quiero destacar a Janania (2013, p. 2) que con su aporte nos indica que “la ingeniería de métodos se ocupa de la integración del ser humano al proceso productivo, o sea, la ingeniería de métodos describe el diseño del proceso en lo que se refiere a todas las personas involucradas en el mismo”.

1.3.1.1. Dimensiones de la Ingeniería de Métodos.

Según Kanawaty (1996, p. 19-20) comenta que “el estudio del trabajo comprende dos técnicas muy importantes que se encuentran estrechamente vinculados a los cuales se les puede denominar como sus principales dimensiones y estas son: el estudio de métodos y la medición del trabajo tal como se esquematiza en la siguiente figura”.

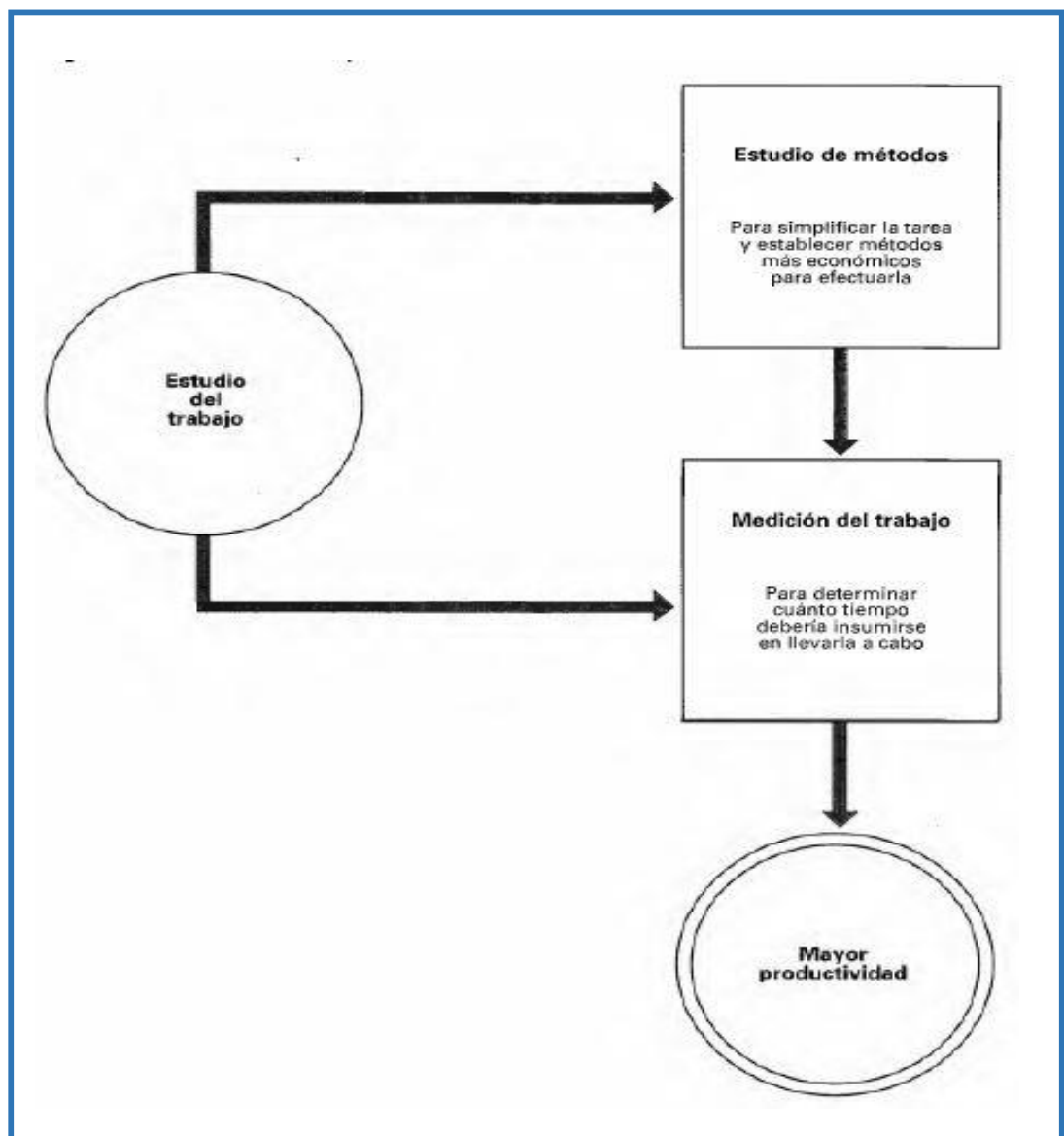


Figura 7: Esquema del estudio del trabajo.

Fuente: Kanawaty, 1996

1.3.1.2. Estudio de Métodos.

Según Kanawaty (1996, p. 19-20) “El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático que ayudan a simplificar las tareas y establecer métodos más económicos de realizar las actividades, con el fin de efectuar mejoras y obtener mayor productividad.” De esta manera también nos indica ocho procedimientos básicos para empezar con esta herramienta los cuales se mencionan a continuación:

1. **Seleccionar:** Consiste en decidir que procesos, actividad o trabajo se va a poner en evaluación mediante esta herramienta.
2. **Registrar:** Es también conocido como la fase de recolección de datos. Como su mismo nombre lo indica se trata de extraer información propicia e intrínseca de la actividad o trabajo para su posterior análisis.
3. **Examinar:** Consiste en el análisis crítico y meticuloso de lo registrado para determinar específicamente si el trabajo es justificado. Esta fase está hecha de interrogantes que el investigador debe hacerse respecto al lugar, el orden, el método, si el ejecutante de la operación es el correcto etcétera.
4. **Crear:** La creación de los nuevos métodos de trabajo estarán sujetos al interés pleno de los stakeholders de la compañía.
5. **Evaluar:** Se trata de la evaluación comparativa de los diferentes resultados presentados por el método anterior a la creación y los resultados actuales.
6. **Determinar:** Con base en la evaluación realizada entre los resultados de los dos métodos se realizará la determinación del cual da mejores resultados para posteriormente ser presentados a los stakeholders.
7. **Implantar:** Luego de determinarse el nuevo método, esta será implantada previa capacitación a los colaboradores comprometidos en los procesos productivos evaluados.

8. **Mantener:** En esta fase ya se encuentra en funcionamiento el nuevo método implantado por lo que se debe mantener controlados los resultados optimizados y establecer procedimientos que permitan la estandarización de las nuevas prácticas.

1.3.1.3. Actividades que agregan valor.

Según Porter (2008, p. 55-56) define a las actividades que agregan valor como “todas las distintas actividades propias de la cadena de valor que realiza una empresa y están intrínsecamente relacionadas a la generación o transformación de los productos; estas están identificadas por sus aspectos tecnológicos, estratégicos, productivos y financieros las cuales se dividen en dos grupos:

1.3.1.4. Actividades primarias o principales.

Las actividades primarias en la cadena de valor son las actividades implicadas en la creación física del producto, su venta y transferencia al comprador, así como la asistencia posterior a la venta. Estas se dividen en cinco categorías que solo serán mencionadas: logística interna, Operaciones, Logística externa, mercadotecnia y servicios. De estas cinco categorías se describirá solo operaciones por ser Dónde radica las variables y dimensiones de esta investigación.

“**Operaciones:** Actividades asociadas con la transformación de insumos en la forma final del producto, como maquinado, empaquetado, ensamble, mantenimiento del equipo, pruebas, impresión u operaciones de instalación” (Porter, 2008, p 42) y de la misma manera se desea destacar el esmerilado, armado y soldeo de estructuras los cuáles serán las operaciones que realizan en esta investigación.

1.3.1.5. Actividades de apoyo o auxiliares.

Según Porter (2008, p 56) define a las actividades de apoyo o auxiliares a “las actividades que dan soporte a las actividades primarias, y también se apoyan entre sí. Tiene como principal objetivo el incremento de la eficiencia de las actividades principales y del proceso de creación de valor. Estas actividades se pueden dividir en cuatro categorías genéricas” las cuales serán mencionadas: Abastecimiento, Desarrollo de tecnología, Administración de recursos humanos e infraestructura de la empresa, de estas cuatro categorías se describirá solo a una:

“Desarrollo de tecnología: Cada actividad de valor representa tecnología, sea conocimientos (know how), procedimientos, o la tecnología dentro del equipo de procesos. El conjunto de tecnologías empleadas por la mayoría de las empresas es muy amplio, yendo desde el uso de aquellas tecnologías para preparar documento y transportar bienes a aquellas tecnologías representadas en el producto mismo. Además, la mayoría de las actividades de valor usan una tecnología que cambian varias sub-tecnologías diferentes que implican diversas disciplinas científicas. La soldadura, por ejemplo, implica la metalurgia, la electrónica y la mecánica” (Porter, 2008, p. 57-58).

El desarrollo de la tecnología es importante para la ventaja competitiva en todos los sectores industriales, por lo tanto, el acero es el único factor clave y el más importante para las empresas de construcciones metálicas tal como Esmetal S.A.C. que compra aceros en bruto y lo ingresa en el input de sus procesos para aplicar las actividades primarias tales como cortes y soldaduras para su debida transformación en estructuras geométricas y dimensionales de acero.

1.3.1.6. Medición del trabajo.

Según García (2005, p. 8) “la medición del trabajo comprende lo que puede llamarse el levantamiento del trabajo; es decir, en ella se investiga en qué condiciones, bajo que métodos y en qué tiempo se ejecutara un trabajo determinado, con el objeto de balancear cargas de trabajo, establecer costos estándares, implantar sistemas de incentivos y programar la producción”.

La medición del trabajo “es la parte cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operador para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal o un método predeterminado. De la definición anterior se desprende que el objetivo inmediato de la medición del trabajo es determinar el tiempo estándar, o sea, medir la cantidad de trabajo humano necesario para producir un artículo en términos de un tipo o patrón que es el tiempo” (García, 20015, p. 179).

Según Kanawaty (1996, p. 19-20) “La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento pre establecida y para determinar en cuánto tiempo debería realizarlo consignando la mejora a emplearse.”

De la misma manera Kanawaty (1996, p. 254) nos sugiere siete diferentes casos en las que se puede usar la medición del trabajo y estas son:

- a. Comparar la eficacia de varios métodos: en igualdad de condiciones, el mejor método será el que lleve menos tiempo.
- b. Repartir el trabajo dentro de los equipos, con ayuda de diagramas de actividades múltiples, para que, en lo posible, le toque a cada cual una tarea que lleve el mismo tiempo.
- c. Determinar mediante diagramas de actividades múltiples para operarios y maquinas, el número de máquinas que puede atender un operario. Una vez fijado, los tiempos tipo pueden ser utilizados para:
- d. Obtener información en que bazar el programa de producción, incluidos datos sobre el equipo y la mano de obra que se necesitara para cumplir el plan de trabajo y aprovechar la capacidad de producción.
- e. Obtener información en que bazar presupuestos de ofertas, precios de venta y plazos de entrega.
- f. Fijar normas sobre uso de la maquinaria y desempeño de la mano de obra que puedan ser utilizadas con cualquiera de los fines que anteceden y como base de sistemas de incentivos.

Asimismo, Kanawaty (1996) nos indica que para llevar un método ordinal del estudio de tiempos se debe llevar a cabo cumpliendo los siguientes 8 pasos (p. 293):

1. Obtener y registrar toda información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación “elementos”.

3. Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro registrar el tiempo invertido por el operario llevar a cabo cada “elemento” de la operación.
5. Determinar simultáneamente la velocidad del trabajo efectivo del operario por correlación con la idea que tenga el analista de los que debe ser el ritmo.
6. Convertir los tiempos conservados “tiempos básicos”.
7. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
8. Determinar el “tiempo tipo” propio de la operación.

1.3.1.7. Método de observación.

Para Madariaga (2013), “Cuando un producto cambia su forma o propiedades, se le considera como agregación de valor según las etapas que requiera la producción para cumplir con la satisfacción del cliente. (p. 28).

1.3.1.8. Método de cronometraje.

Para Hodson (2005), “El cronometraje acumulativo consiste en correr las lecturas del instrumento cronometrado sin detenerse, tomando en consideración los tiempos de cada tarea hasta que termine el estudio, es por ello que las lecturas son crecientes y luego se recurre a operaciones restantes para conocer el tiempo exacto de cada tarea u operación”. (p.205)

Para poder determinar los tiempos que se analizaran en la investigación, es importante utilizar un cronómetro. Por ello, Kanawaty (1996), menciona: “El cronómetro sirve para tomar tiempos y realizarlos en estudios, existen los mecánicos y los electrónicos, el primero cuenta con 3 esferas graduadas que gradúan un minuto por vuelta, los electrónicos dan una apreciación más exacta de las mediciones”. (p.273)

1.3.1.9. Tiempo estándar.

Tomado como referencia a García (2005, p. 179) nos indica que “el tiempo estándar es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad del trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posea la habilidad requerida, que desarrolle una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga”.

Según Janania (2014) el tiempo estándar es el tiempo global que se considera para cada operación (p. 100).

Según Meyers (2000), “Es el tiempo que depende un operario, para realizar sus actividades de manera normal, agregándole a este suplemento por necesidades de tipo personal, fatigas o cansancios” (p.19).

1.3.1.10. Tiempo normal.

Según Janania (2014) el tiempo normal es el tiempo que emplea una persona para realizar un trabajo a ritmo normal y se calcula de la siguiente manera (p. 100):

$$\text{Tiempo normal} = \text{media de los tiempos} \times \text{factor de calificación}$$

“La media de los tiempos será el promedio será el promedio de todos los tiempos tomados en observaciones directas a una determinada operación. El factor de calificación se le hace tanto al operario como al lugar del trabajo” (Janania, 20014, p. 100)

1.3.1.11. Factor de calificación.

El factor de calificación para Kanawaty (1996, p. 318) es también conocido como la escala de valoración se puede utilizarse como factor por el cual se multiplica el tiempo observado para obtener el tiempo normal, o sea el tiempo que tardaría un colaborador calificado en ejecutar el elemento de estudio.

De la misma manera Niebel y Freivalds (2009, p. 1) nos brinda en su apreciación que como el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento de estudio depende de un alto grado de habilidad y esfuerzo del colaborador por tango es necesario ajustar para hacia arriba el tiempo normal del colaborador que trabaja activamente y hacia abajo para el colaborador que tiene el ritmo de trabajo por debajo del estándar observado por el analista.

En tal sentido la presente investigación tomará la apreciación de George Kanawaty el cual es mostrado en el siguiente cuadro Dónde se observa una escala de 0-100 en cuyo criterio el puntaje de 0 es cuando el colaborador tiene una observación nula durante la ejecución de los procesos a estudiar y 100 Dónde el colaborador es el ideal, está capacitado, logra con tranquilidad llegar a su meta de producción diaria y tiene un salario estándar pero una actitud positiva en la ejecución de los procesos por lo cual es tomado para el desarrollo del estudio de tiempos.

Kanawaty considera que la valoración se aplica como denominador de una razón Dónde el numerador es una valoración designada por el analista conocido como valor de contribución, sin embargo, para esta investigación nuestro valor de contribución será de 100 dándose la razón de 100/100 en Dónde obtenemos el valor de 1 como factor de calificación y de esta manera proceder con la fórmula del tiempo estándar.

$$Ts = Tn(1 + S)$$

Dónde:

Ts = Tiempo estándar.

Tn = Tiempo normal.

1 = factor de valoración.

S = Suplementos.

| Escala | | | | Descripción del desempeño | Velocidad de marcha comparable ¹ | |
|--------|--------|---------|---------------------------------|---|---|--------|
| 60-80 | 75-100 | 100-133 | 0-100 (norma británica) | | (mi/h) | (km/h) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Actividad nula | | |
| 40 | 50 | 67 | 50 | Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo | 2 | 3,2 |
| 60 | 75 | 100 | 75 | Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan | 3 | 4,8 |
| 80 | 100 | 133 | 100 (Ritmo tipo) | Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado | 4 | 6,4 |
| 100 | 125 | 167 | 125 | Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio | 5 | 8,0 |
| 120 | 150 | 200 | 150 | Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes | 6 | 9,6 |

*Tabla 10: Escala de valoración del desempeño.
Fuente: Kanawaty, 1996*

1.3.1.12. Suplementos del estudio de tiempos

Según Kanawaty (1996, p.336), “Los suplementos son tiempos que componen el tiempo estándar y determinan el tiempo asignado a un proceso equivalente a un desarrollo normal en consideración de métodos prácticos, , económicos y eficaz por lo que para su cálculo se toma en cuenta diversos factores relacionados al ser humano y sus necesidades tales como el tiempo de descanso, tiempo para necesidades fisiológicas, tiempo para su alimentación,

pausas activas, clima ambiental y aun por fatiga los cuales en muchos casos son asignados mediante política de la empresa.





Para Niebel y Freivalds (2009, p. 379) “El propósito fundamental de todos los suplementos es adicionar tiempo suficiente al tiempo normal de producción para que el trabajador promedio cumpla con el estándar cuando tiene un desempeño estándar.

Para el desarrollo de esta investigación se tomará en cuenta los porcentajes o suplementos de holguras propuestas por Niebel y Freivalds (2009, p. 379).

Debido a que la ejecución del proceso de soldadura en la posición en la que se va a soldar es una posición plana o a nivel del piso respecto a la ubicación del soldador por lo tanto la ejecución será ergonómicamente incomodo por lo que se está considerando un 10% y 2% para el esfuerzo visual fino porque al mismo tiempo de ser incomodo requiere de la destreza del soldador respecto a una calidad visual respetable. Las holguras mencionadas se consideran de la siguiente manera:

| | |
|---|-------|
| Np = Necesidades personales | = 5% |
| Fb = Fatiga básica | = 4% |
| Di = Demora inevitable | = 1% |
| Pi = Postura incomoda | = 10% |
| Evf = Esfuerzo visual fino | = 2% |
| Total, de porcentaje de Suplemento = 22% | |

Estos suplementos serán usados para la determinación del tiempo estándar en el presente estudio los cuales se detallan en la siguiente tabla.

| | | |
|---|---|----|
| Holguras constantes | | |
| Necesidades personales |  | 5 |
| Fatiga básica |  | 4 |
| Holguras de descanso variables | | |
| Holguras por postura | | |
| Parado | | 2 |
| Incómodo (fexionado, acostado, en cuclillas) |  | 10 |
| Niveles de iluminación | | |
| Un nivel (una subcategoría de IES) abajo de lo recomendado | | 1 |
| Dos niveles abajo de lo recomendado | | 3 |
| Tres niveles (categoría IES completa) abajo de lo recomendado | | 5 |
| Esfuerzo visual (atención estrecha) | | |
| Trabajo fino |  | 2 |
| Trabajo muy fino | | 5 |
| Esfuerzo mental | | |
| Primera hora | | 2 |
| Segunda hora | | 4 |
| Cada hora sucesiva | | +2 |
| Monotonía | | |
| Primera hora | | 2 |
| Segunda hora | | 4 |
| Cada hora sucesiva | | +2 |

*Tabla 11: Porcentaje de holguras.
Fuente: Niebel y Freivalds, 2009.*

1.3.2. Variable dependiente: Productividad

Según Niebel y Freivalds (2009, p. 1), “La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad y la mejora de la productividad es el aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida”.

Otro autor que quiero destacar para la definición de la productividad es Velasco (2014, p.53) quien nos indica que “la productividad es la relación entre lo producido y lo consumido, de modo que no debe confundirse incrementos de producción con incrementos de productividad; como ejemplo se puede decir que si una empresa en una jornada normal de labores ha producido el doble de productos que en la jornada anterior diríamos que ha

duplicado su producción; pero si lo hizo consumiendo el doble de material, tiempo y mano de obra se puede determinar que su productividad sigue siendo la misma. Dicho de otra manera, la productividad vendría a ser el cociente entre la cantidad producida y la cantidad de los recursos empleado.

La siguiente teoría nos invita a descomponer el termino productividad en dos de las dimensiones más importantes del tema, según Gutiérrez, (2014, p. 21-22) “la productividad es el resultado del mejoramiento continuo de un sistema considerando los mismos recursos empleados para producir en menos tiempo y de mayor calidad por lo tanto es usual trabajar con la eficiencia y la eficacia generando de esta manera una razón matemática” que se explica en la siguiente formula.

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

$$\frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Tiempo Total}} = \frac{\text{Tiempo Útil}}{\text{Tiempo Total}} \times \frac{\text{Cantidades Producidas}}{\text{Tiempo Útil}}$$

*Figura 8: Formula de la productividad.
Fuente: Gutiérrez, 2010*

1.3.2.1. Dimensiones de la Productividad.

Para efectos de esta investigación la productividad se descompone en sus dos dimensiones principales, la eficiencia y la eficacia.

1.3.2.2. Eficiencia.

Según García (2005, p. 19) “La eficiencia es la capacidad disponible en horas hombre y horas máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente” para mayor entendimiento, García presenta la siguiente formula.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100\%$$

*Figura 9: Formula de la eficiencia.
Fuente: Niebel y Freivalds, 2009.*

1.2.2.3. Eficacia.

De igual manera para la eficacia el autor García (2005, p.19) nos indica que “la eficacia es el grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares de diseño realizando la operación de manera correcta, esto implica obtener los resultados deseados que puede ser reflejado en cantidad o calidad percibida” y de la misma forma obtenemos la siguiente formula.

$$Eficacia = \frac{Produccion\ real}{Produccion\ programada} \times 100\%$$

Figura 10: Formula de a eficacia.

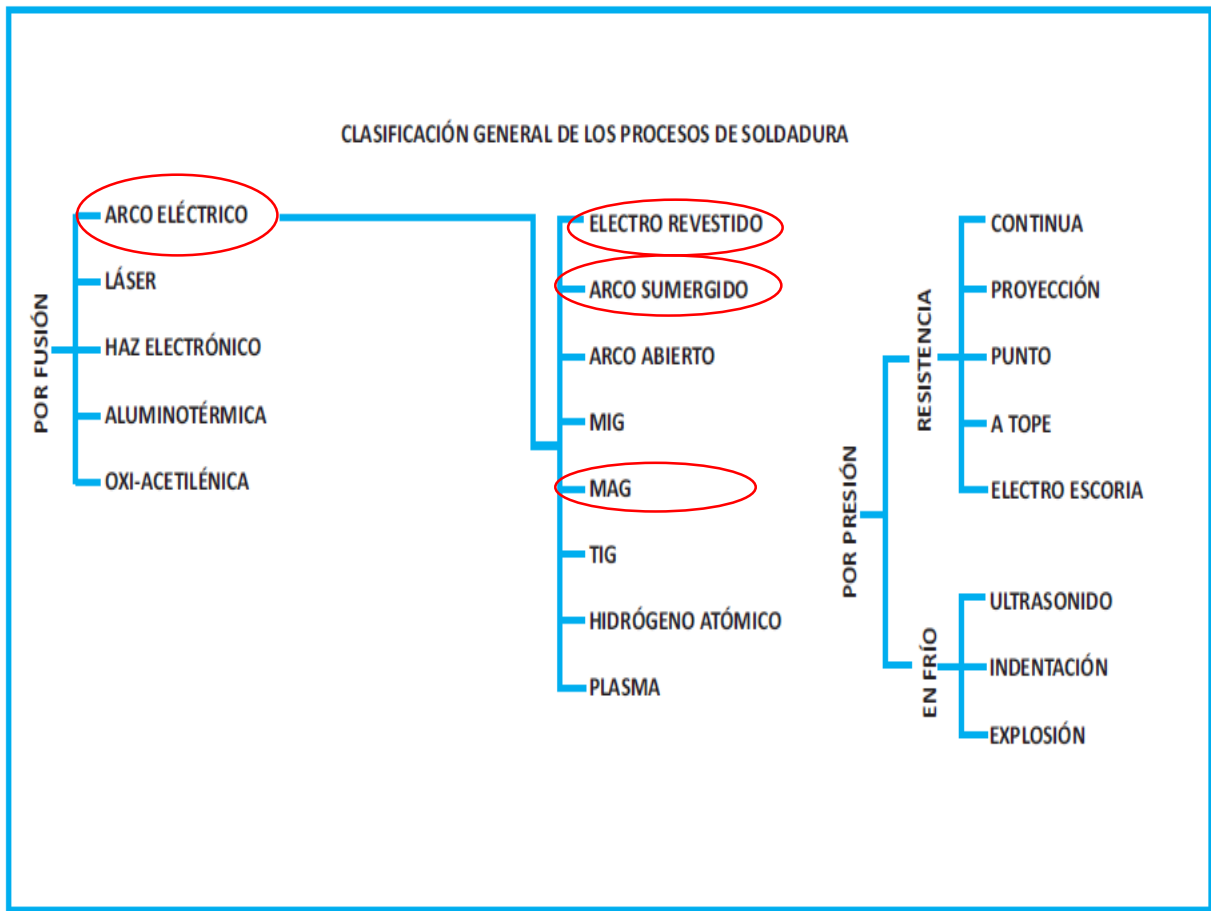
Fuente: Niebel y Freivalds, 2009.

1.3.3. Operaciones de soldadura y procesos.

Según la A.W.S. (2002), “la soldadura es un proceso de fijación en Dónde se realiza la unión micro estructural de dos o más piezas de un material, por lo general realizado aceros, metales o polietilenos de alta densidad más conocidos por sus siglas en inglés como HDPE, usualmente logrados a través de la coalescencia o fusión térmica ya sea aplicando presión o no”.

“Los procesos de soldadura por fusión térmica son aquellas Dónde se ha aplicado energía calorífica ya sea por inducción eléctrica a través de un circuito cerrado, a través de la descomposición carburante de gas - oxígeno o simplemente cuando la energía calorífica ha sido generada a través de cuerpos en rozamiento a alta velocidad” (A.W.S. 2002).

“De acuerdo a los diferentes procesos de unión de materiales establecidas por la A.W.S. es propicio dar a conocer con que proceso y tipo de proceso se desarrollara la presente investigación.



*Figura 11: Procesos de soldadura por arco eléctrico.
Fuente: Manual de soldadura de Soldexa.*

De acuerdo a la figura anterior podemos observar que se ha encerrado en un círculo rojo aquellos procesos que se darán a conocer en esta investigación, el tipo de proceso sería por arco eléctrico y los procesos serían: soldadura por alambre con núcleo de fundente o alambre tubular (FCAW) y soldadura por arco sumergido (SAW).

1.3.3.1. American Welding Society.

La Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S; por sus siglas en inglés) se fundó en 1919 para facilitar el crecimiento de la recientemente desarrollada tecnología de soldadura eléctrica como una alternativa a otros métodos de junta de metales.

Hasta el día hoy la Sociedad Americana de Soldadura cuenta ya con más de 70.000 afiliados al rededor del mundo, con secciones locales en cada continente. La misma tiene sus oficinas centrales en Miami para el fácil acceso desde todo el mundo.

Los códigos y certificaciones de la A.W.S. son reconocidas y utilizadas en casi todos los países con demanda de soldadura en todas sus expresiones. Los países que centran su atención en el desarrollo de la infraestructura y el comercio mundial utilizan los códigos técnicos y certificaciones realizadas por la A.W.S. debido a su éxito probado en el apoyo del crecimiento económico, la seguridad, la calidad e integridad del producto.

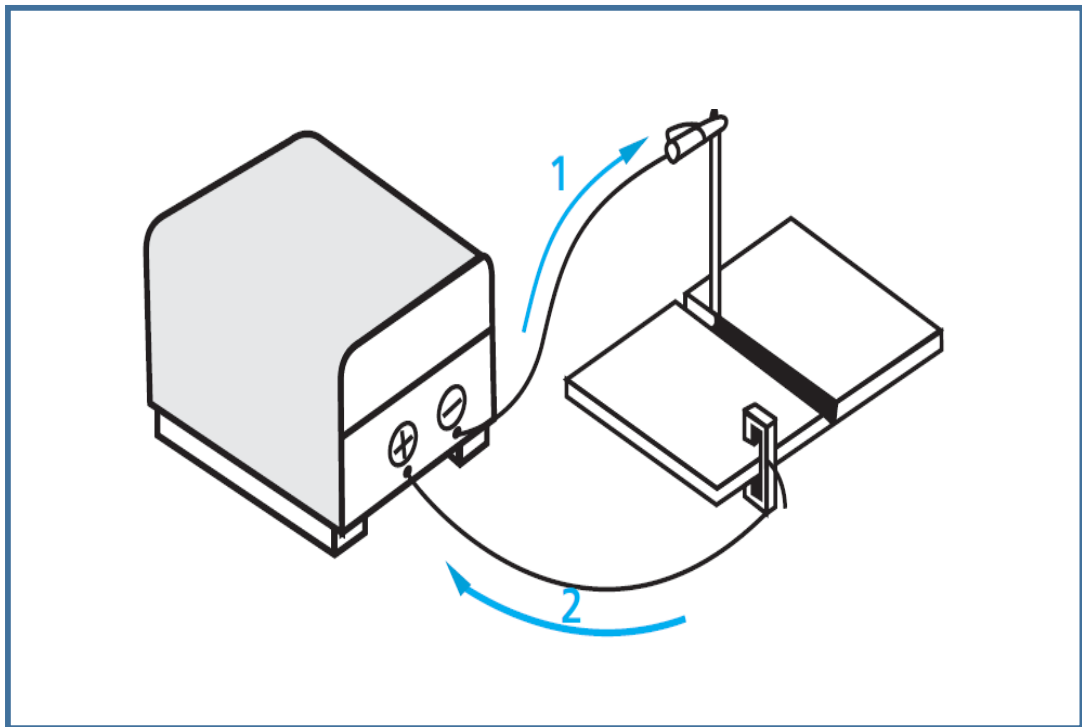
Para la construcción y la infraestructura, los códigos estructurales de la A.W.S. como el de D1.1 provee un balance entre la eficiencia y la calidad puesto a prueba en la práctica otras más de 200 normas de la A.W.S. proveen criterio concisos e integrales para producción y la evaluación de todos los tipos de productos y materiales de soldadura, utilizando virtualmente todos los procesos de soldadura.

El enfoque de la A.W.S. para certificar inspectores de soldadura y otros profesionales es también conocido como el mejor enfoque para asegurar calidad a la vez que se mantiene la alta productividad.

1.3.3.2. Soldadura SMAW.

Shield Manual Arc Welding.- Soldadura manual con electrodo revestido “Es un proceso de soldadura, Dónde la unión es producida por el calor generado por un arco eléctrico, con o sin aplicación de presión y con o sin metal de aporte, la energía eléctrica se trasforma en energía calorífica llegando hasta una temperatura de 4000° C. logrando fundir la estructura física micro granular del acero y sus composiciones químicas, esto ocurre cuando el arco es abierto hasta una distancia de tres milímetros entre el material base y el material aporte” (A.W.S. 2002).

En la figura siguiente se detalla el arco eléctrico conformado por un flujo de electricidad que viaja a través del cable 1 y continua por el cable 2 pasando antes por el electrodo o material aporte y la junta de soldadura o material base.

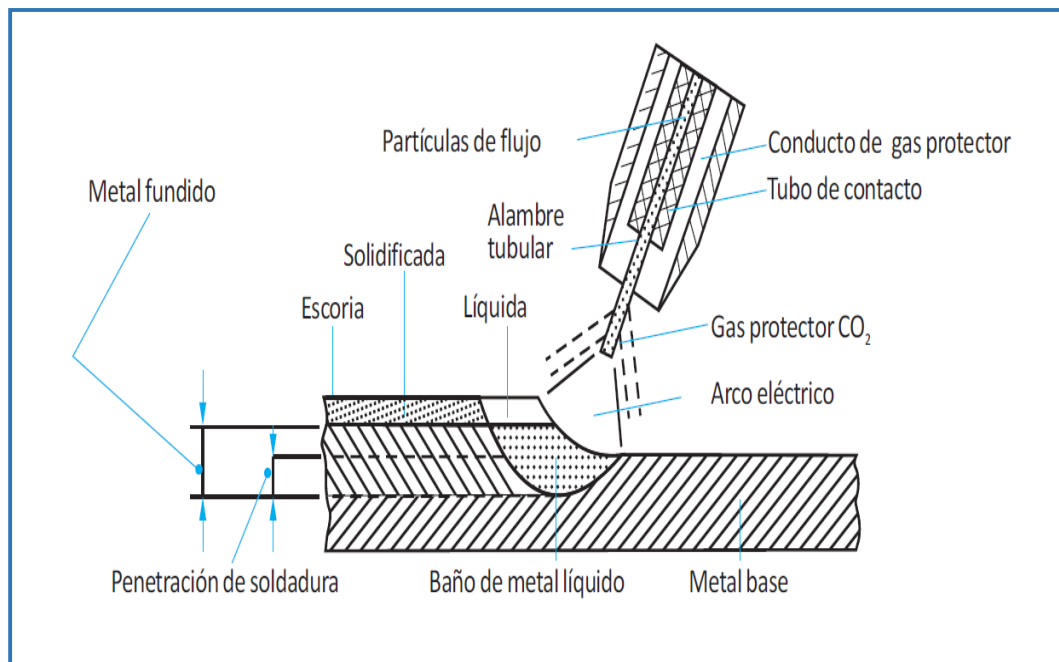


*Figura 12: Flujo de electricidad en máquina de soldar.
Fuente: Manual de soldadura de SOLDEXA.*

1.3.3.3. Soldadura FCAW.

Flux Core Arc Welding. - Soldadura por Arco con Núcleo de Fundente, “Se trata de un proceso de soldadura en el que la fusión se logra mediante un arco producido entre un electrodo tubular (alambre consumible) y la pieza” (Manual de soldadura de SOLDEXA)

“La protección se obtiene del fundente contenido en el interior del alambre tubular que al enfriarse tomara la forma de escoria. Este proceso puede emplear o no un gas protector adicional suministrado por un mecanismo de alimentación propia del sistema o maquina pudiendo ser este gas el CO₂ el cual se encarga de proteger al charco de soldadura formando un campo atmosférico libre de hidrogeno que acompaña a la soldadura liquida aislándola de la contaminación del ambiente” (Manual de soldadura de SOLDEXA)



*Figura 13: Proceso de soldadura FCAW.
Fuente Manual de soldadura de SOLDEXA.*

En la figura anterior se muestra el proceso FCAW, Dónde se observa el alambre con núcleo de fundente, la envoltura de gas protector, el arco, el metal de soldar y la protección con la escoria. El proceso puede ser semiautomático o automático, siendo el método semiautomático el de mayor aplicación.

A continuación, se presenta los componentes principales de equipo de soldadura FCAW. La fuente de poder se encarga de suministrar corriente continua y generalmente es de voltaje constante, en las aplicaciones de unión Dónde se emplea polaridad positiva, el alambre o electro está conectado al borne positivo del electrodo.

El propósito de la unidad de alimentación es traccionar o jalar y controlar la salida del alambre continuamente hacia el arco a una velocidad constante establecida previamente por el operador. La pistola contiene la boquilla de contacto que es la que energiza el electrodo.

Cuando se utiliza gas de protección suministrado externamente, se emplea un sistema de control de flujo mediante un flujometro que mide el volumen de gas que fluye al arco por unidad de tiempo medido en pie cubico.

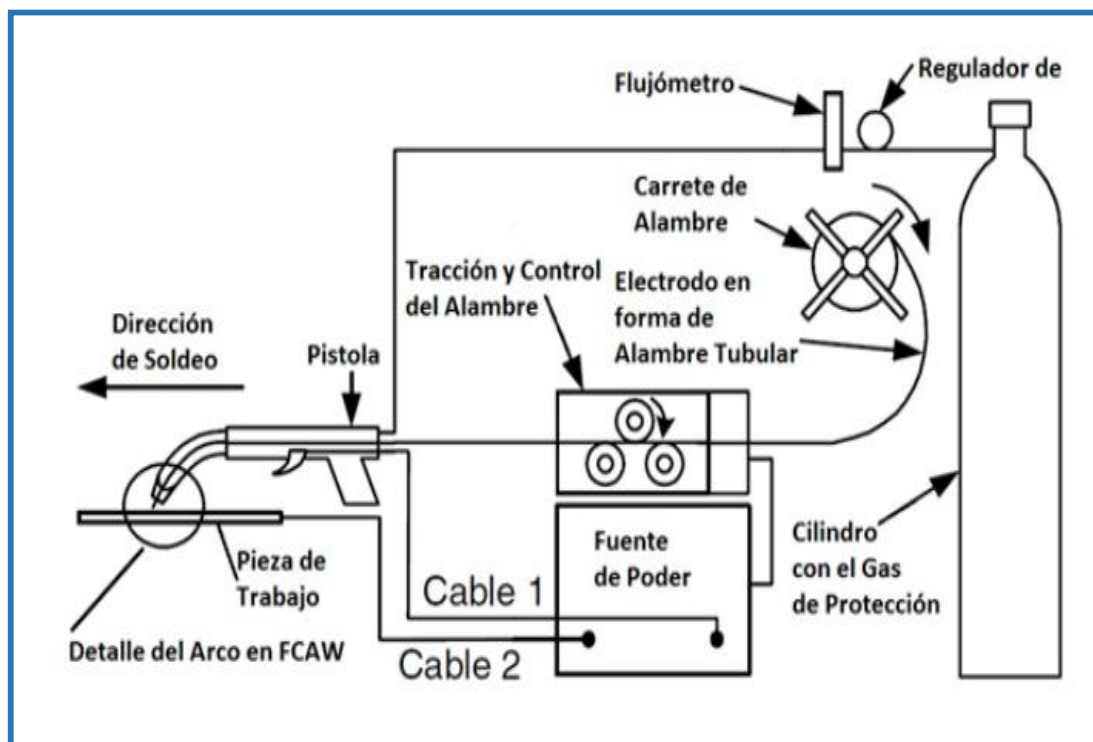


Figura 11: Esquema de equipo de soldadura FCAW
Fuente: Manual de soldadura de SOLDEXA.

1.3.3.4. Soldadura SAW.

Soldadura por Arco Sumergido. - “Se trata de que el arco de soldadura se funde con el material base bajo un manto de fundente alimentado por el mismo sistema del proceso. En sus fundamentos físicos es similar a la soldadura de arco eléctrico manual. En su operación el electrodo es reemplazado por un alambre desnudo que, a medida que se consume, es alimentado mediante un mecanismo automático. El arco es cubierto y protegido por un polvo granular y fusible conocido como fundente o flux, el mismo que es un compuesto de silicatos y minerales” (A.W.S. 2002).

“El fundente cumple el mismo papel que el revestimiento de los electrodos, desde el punto de vista físico y metalúrgico, físicamente haciendo que la escoria proteja el baño de soldadura de la acción de gases atmosféricos formando un cordón libre de poros e impidiendo una pérdida de calor demasiado rápido. Metalúrgicamente, impidiendo pérdidas de elementos de aleación, compensando o agregándolos al metal depositado” (A.W.S. 2002).

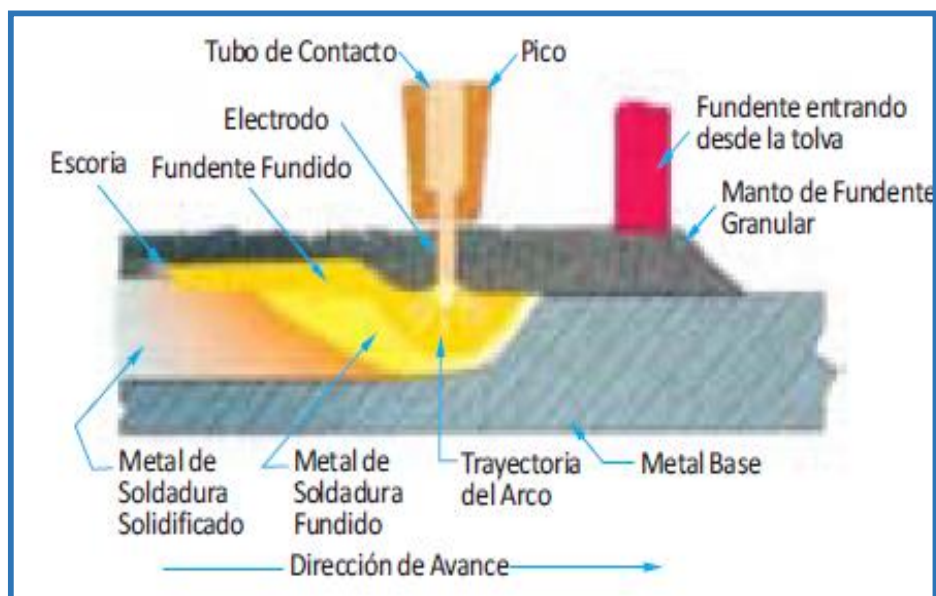


Figura 12: Proceso SAW.
Fuente: Manual de soldadura de SOLDEXA

Los principales componentes del equipo para soldadura por arco sumergido son la máquina de soldar o fuente de poder, el mecanismo de controles para alimentación del alambre desnudo, el cabezal para soldadura automática, pistola y conjunto de cables para soldadura automática (A.W.S. 2002).

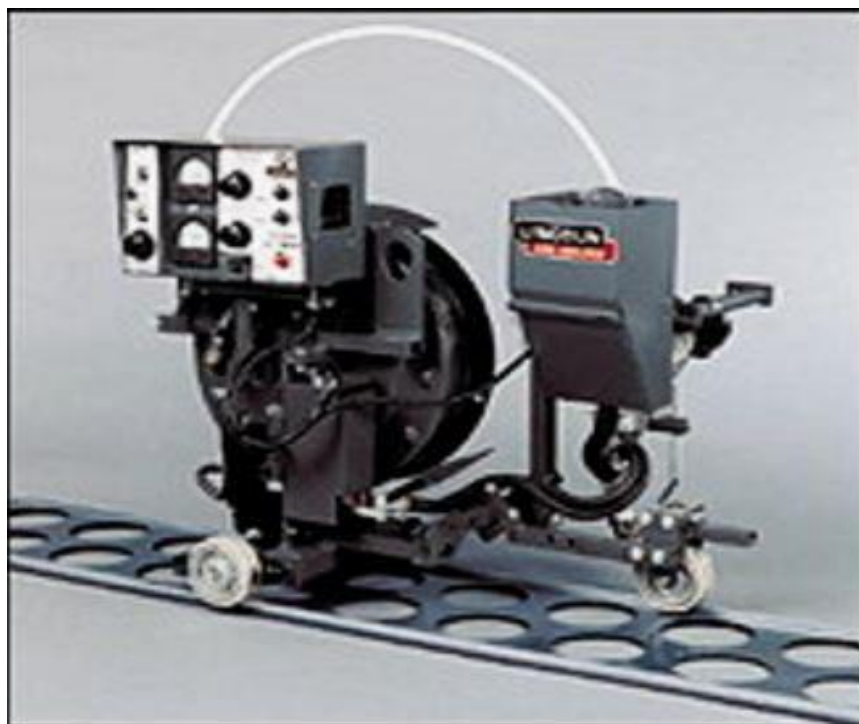


Figura 13: Equipo de soldadura SAW.
Fuente: Manual de soldadura de SOLDEXA

1.3.4. Control de calidad de uniones soldadas.

Según el manual de soldadura de Soldexa la calidad de una junta de soldadura estarán se determinan mediante parámetros ofrecidos por el procedimiento seguro de soldadura (WPS) establecidos para la construcción de una unión soldada en Dónde los actores principales son los códigos y normas internacionales sobre la cual se rige el documento, el ingeniero de calidad, el inspector de calidad y el soldador ejecutante.

1.3.4.1. Procedimientos de soldadura WPS.

La A.W.S. (2002) establece que “un procedimiento de soldadura es un documento guía, Dónde se especifican las variables, que debe utilizar el soldador al momento de realizar su trabajo, con el fin de garantizar las propiedades mecánicas de la junta soldada. El procedimiento de soldadura depende del proceso, especificación, clasificación y diámetro del electrodo, características eléctricas, especificaciones del metal base, temperaturas mínimas de precalentamiento entre pases, corriente de soldadura, tratamiento térmico post soldeo, velocidad de avance, velocidad de gas, tipo de protección gaseosa y detalle de la junta”.

El propósito de un procedimiento de soldadura para la AWS es en primera instancia comunicar al soldador, supervisor e inspector como es que una soldadura debe ser realizar, la falta de conformidad con los parámetros trazados en el proceso de soldadura que no presenta los requerimientos de calidad impuesta por el código o las especificaciones del trabajo. Para evitar actividades innecesarias tales como la remoción y reemplazo de una soldadura inaceptable los procedimientos de soldadura ayudan a asegurar la calidad de la soldadura.

El objetivo de los procedimientos de soldadura según la AWS es garantizar que las propiedades mecánicas de la junta soldada sean las que se requiere, dando direccionamiento de cómo realizar la soldadura. En Esmetal S.A.C; para el proyecto puente “Juan Pablo II” una vez que la junta de soldadura de penetración completa ha sido concluida, verificada e inspeccionada por el supervisor de calidad de acuerdo a procedimiento, se prosigue a la inspección mediante ensayo no destructivo, en este caso por exigencias del mismo proyecto y para afianzar la calidad y confiabilidad se realiza con ensayo de ultrasonido industrial.

| ESMETAL-IMECON | | FORMATO | | Codigo: CC-RG-28 | |
|--|--|--|--|------------------------------------|-----------|
| ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | Fecha de Emisión: | 15/04/15 |
| | | | | Versión 00 | Pág.: 3/1 |
| Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) Precalificado <input checked="" type="checkbox"/> Certificado por Ensayo <input type="checkbox"/> Registro de Calificación de Procedimiento (PQR) <input type="checkbox"/> Código de Fabricación: AWS D1.1 2015 | | | | | |
| Nombre de la Compañía: ESMETAL SAC Proceso(s) de Soldadura: FCAW-G Número(s) PQR de Registro: ----- Diseños de Junta Utilizados: | | Identificación #: E-ESMETAL-27 Revisión: 1 Fecha: 10-07-2017 Autorizado por: LUIS E MUÑOZ Tipo: <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Semiautomático <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Mecánico <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> Posición: Posición del Canal: PLANA / Horizontal Filete: --- Proyección Vertical: Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/> Características Eléctricas: Modo Transferencia (FCAW): Costo Circuito <input type="checkbox"/> Globular <input checked="" type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/> Gaseo: AC <input type="checkbox"/> DCRP <input checked="" type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> Pulsado <input type="checkbox"/> Otro: ----- Electrodo de Tungsteno (GTAW): ----- Tamaño: ----- Tipo: ----- | | | |
| Tipo: TC-44a-GP Individual <input checked="" type="checkbox"/> Doble Soldadura <input type="checkbox"/> Refuerzo: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Material de Refuerzo: ASTM A36 Abertura de Raíz: 6mm Dimensión de Cara de Raíz: ----- (+/-) (-2) Ángulo de Canal: 45° (+10°, -5°) Radio (J-U): --- Remoción de Raíz: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Método: ----- | | Metales Base: Especificación de Material: GRUPO I Y GRUPO IV Tipo o Grado: --- Espesor Canal: 3mm a ilimitado Filete: --- Diámetro Tubo: ----- | | | |
| Metales de Aporte: Especificación AWS: A 2.50 Clasificación AWS: E71T-1C Fabricante: ----- | | Código Estándar o Certificado: América Multipase o Paso Individual (por lado): Multipase <input checked="" type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Número de Electrodo: 1 Separación de Electrodo: Longitudinal: ----- Lateral: ----- Ángulo: ----- Tubo de Espesor y Distancia de Trabajo: 12-20mm Manifiesto: ----- Limpieza de Intepase: Excavado y/o Esmerilado | | | |
| Protección: Fuente: ----- Gas: CO₂ Composición: ----- Electrodo-Fuente (Clase): ----- Tasa de Flujo: (19-38) l/min (40-80) CFH Tamaño de Copa de Gas G: 16mm | | Precalentamiento: Temp. mín de Precalentamiento: 10°C (50-55mm); 85°C (38-65mm); 110°C (>65) Temp. mín de 10°C (20-25mm) Max: 300°C Intepase: 85°C (38-65mm); 110°C (>65) | | | |
| Procedimiento de Soldadura | | | | | |
| Paso o capa(s) de Soldadura: Proceso | | Metales de Aporte: Clase | | Corriente: Tipo y Polaridad | |
| 1 | | FCAW | | E71T-1C | |
| 2 a n | | FCAW | | E71T-1C | |
| 3 | | 4 | | 5 | |
| 6 | | 7 | | 8 | |
| 9 | | 10 | | 11 | |
| 12 | | 13 | | 14 | |
| 15 | | 16 | | 17 | |
| 18 | | 19 | | 20 | |
| 21 | | 22 | | 23 | |
| 24 | | 25 | | 26 | |
| 27 | | 28 | | 29 | |
| 30 | | 31 | | 32 | |
| 33 | | 34 | | 35 | |
| 36 | | 37 | | 38 | |
| 39 | | 40 | | 41 | |
| 42 | | 43 | | 44 | |
| 45 | | 46 | | 47 | |
| 48 | | 49 | | 50 | |
| 51 | | 52 | | 53 | |
| 54 | | 55 | | 56 | |
| 57 | | 58 | | 59 | |
| 60 | | 61 | | 62 | |
| 63 | | 64 | | 65 | |
| 66 | | 67 | | 68 | |
| 69 | | 70 | | 71 | |
| 72 | | 73 | | 74 | |
| 75 | | 76 | | 77 | |
| 78 | | 79 | | 80 | |
| 81 | | 82 | | 83 | |
| 84 | | 85 | | 86 | |
| 87 | | 88 | | 89 | |
| 90 | | 91 | | 92 | |
| 93 | | 94 | | 95 | |
| 96 | | 97 | | 98 | |
| 99 | | 100 | | 101 | |
| 102 | | 103 | | 104 | |
| 105 | | 106 | | 107 | |
| 108 | | 109 | | 110 | |
| 111 | | 112 | | 113 | |
| 114 | | 115 | | 116 | |
| 117 | | 118 | | 119 | |
| 120 | | 121 | | 122 | |
| 123 | | 124 | | 125 | |
| 126 | | 127 | | 128 | |
| 129 | | 130 | | 131 | |
| 132 | | 133 | | 134 | |
| 135 | | 136 | | 137 | |
| 138 | | 139 | | 140 | |
| 141 | | 142 | | 143 | |
| 144 | | 145 | | 146 | |
| 147 | | 148 | | 149 | |
| 150 | | 151 | | 152 | |
| 153 | | 154 | | 155 | |
| 156 | | 157 | | 158 | |
| 159 | | 160 | | 161 | |
| 162 | | 163 | | 164 | |
| 165 | | 166 | | 167 | |
| 168 | | 169 | | 170 | |
| 171 | | 172 | | 173 | |
| 174 | | 175 | | 176 | |
| 177 | | 178 | | 179 | |
| 180 | | 181 | | 182 | |
| 183 | | 184 | | 185 | |
| 186 | | 187 | | 188 | |
| 189 | | 190 | | 191 | |
| 192 | | 193 | | 194 | |
| 195 | | 196 | | 197 | |
| 198 | | 199 | | 200 | |
| 201 | | 202 | | 203 | |
| 204 | | 205 | | 206 | |
| 207 | | 208 | | 209 | |
| 210 | | 211 | | 212 | |
| 213 | | 214 | | 215 | |
| 216 | | 217 | | 218 | |
| 219 | | 220 | | 221 | |
| 222 | | 223 | | 224 | |
| 225 | | 226 | | 227 | |
| 228 | | 229 | | 230 | |
| 231 | | 232 | | 233 | |
| 234 | | 235 | | 236 | |
| 237 | | 238 | | 239 | |
| 240 | | 241 | | 242 | |
| 243 | | 244 | | 245 | |
| 246 | | 247 | | 248 | |
| 249 | | 250 | | 251 | |
| 252 | | 253 | | 254 | |
| 255 | | 256 | | 257 | |
| 258 | | 259 | | 260 | |
| 261 | | 262 | | 263 | |
| 264 | | 265 | | 266 | |
| 267 | | 268 | | 269 | |
| 270 | | 271 | | 272 | |
| 273 | | 274 | | 275 | |
| 276 | | 277 | | 278 | |
| 279 | | 280 | | 281 | |
| 282 | | 283 | | 284 | |
| 285 | | 286 | | 287 | |
| 288 | | 289 | | 290 | |
| 291 | | 292 | | 293 | |
| 294 | | 295 | | 296 | |
| 297 | | 298 | | 299 | |
| 300 | | 301 | | 302 | |
| 303 | | 304 | | 305 | |
| 306 | | 307 | | 308 | |
| 309 | | 310 | | 311 | |
| 312 | | 313 | | 314 | |
| 315 | | 316 | | 317 | |
| 318 | | 319 | | 320 | |
| 321 | | 322 | | 323 | |
| 324 | | 325 | | 326 | |
| 327 | | 328 | | 329 | |
| 330 | | 331 | | 332 | |
| 333 | | 334 | | 335 | |
| 336 | | 337 | | 338 | |
| 339 | | 340 | | 341 | |
| 342 | | 343 | | 344 | |
| 345 | | 346 | | 347 | |
| 348 | | 349 | | 350 | |
| 351 | | 352 | | 353 | |
| 354 | | 355 | | 356 | |
| 357 | | 358 | | 359 | |
| 360 | | 361 | | 362 | |
| 363 | | 364 | | 365 | |
| 366 | | 367 | | 368 | |
| 369 | | 370 | | 371 | |
| 372 | | 373 | | 374 | |
| 375 | | 376 | | 377 | |
| 378 | | 379 | | 380 | |
| 381 | | 382 | | 383 | |
| 384 | | 385 | | 386 | |
| 387 | | 388 | | 389 | |
| 390 | | 391 | | 392 | |
| 393 | | 394 | | 395 | |
| 396 | | 397 | | 398 | |
| 399 | | 400 | | 401 | |
| 402 | | 403 | | 404 | |
| 405 | | 406 | | 407 | |
| 408 | | 409 | | 410 | |
| 411 | | 412 | | 413 | |
| 414 | | 415 | | 416 | |
| 417 | | 418 | | 419 | |
| 420 | | 421 | | 422 | |
| 423 | | 424 | | 425 | |
| 426 | | 427 | | 428 | |
| 429 | | 430 | | 431 | |
| 432 | | 433 | | 434 | |
| 435 | | 436 | | 437 | |
| 438 | | 439 | | 440 | |
| 441 | | 442 | | 443 | |
| 444 | | 445 | | 446 | |
| 447 | | 448 | | 449 | |
| 450 | | 451 | | 452 | |
| 453 | | 454 | | 455 | |
| 456 | | 457 | | 458 | |
| 459 | | 460 | | 461 | |
| 462 | | 463 | | 464 | |
| 465 | | 466 | | 467 | |
| 468 | | 469 | | 470 | |
| 471 | | 472 | | 473 | |
| 474 | | 475 | | 476 | |
| 477 | | 478 | | 479 | |
| 480 | | 481 | | 482 | |
| 483 | | 484 | | 485 | |
| 486 | | 487 | | 488 | |
| 489 | | 490 | | 491 | |
| 492 | | 493 | | 494 | |
| 495 | | 496 | | 497 | |
| | | | | | |

1.3.4.2. Códigos de soldadura y especificaciones técnicas.

Para el desarrollo de esta investigación se tomará en cuenta los códigos y normas pre establecidos para la ejecución de las juntas de soldadura ofrecidos por la Asociación Americana de Soldadura o por sus siglas en ingles American Welding Society. Esta sociedad ofrece una gama de normas establecidas para el desarrollo de la industria de la soldadura en todos los sectores de negocio que converge la unión de dos cuerpos soldables. Cabe mencionar que el efecto de lo indicado en los códigos y normas internacionales están asociados a otras entidades que rigen el estudio de materiales tales como ASTM, ASME o AISC.

AWS. D1.5 – 2015, es el código usado para la ejecución de las uniones soldadas para las estructuras en estudio. Este código rige estándares para las construcciones soldadas con características de resistencias físicas y mecánicas para todo diseño de puentes, en tal sentido la presente investigación tendrá como población la producción de vigas cajones. Fabricadas para el puente Juan Pablo II que actualmente se encuentra en proceso de montaje en la ciudad de Piura.

1.3.4.3. Viga cajón.

La viga cajón es un producto metálico de uso estructural fabricado en las instalaciones de Esmetal S.A.C. que en efecto tiene la apariencia de un cajón formado de planchas de acero y soldadura, esta estructura metálica es un elemento que forman parte de un complejo estructural de mayor envergadura diseñado para satisfacer las necesidades de la industria de la construcción tales como puentes vehiculares, plataformas, muelles marítimos, y que por su forma geométricas y sus uniones de soldadura posee propiedades de resistencias mecánicas capaces de soportar cargas de gran magnitud.

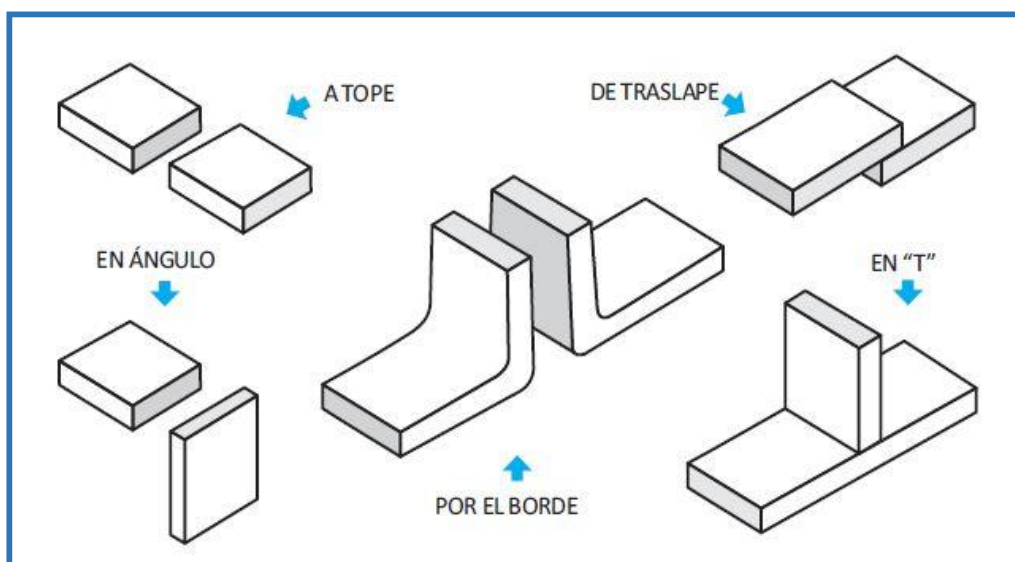


*Figura 18: Viga Cajón de 7 metros.
Fuente: Esmetal S.A.C.*

Para el desarrollo de la presente investigación se tomará en cuenta el proceso de soldadura con la cual se logra unir cada componente que forma parte de la viga cajón.

1.3.4.4. Juntas de soldadura.

“Se denomina junta de soldadura a la zona donde se va a rellenar de material aporte o de soldadura propiamente dicho, esta se ubica entre dos o más piezas metálicas que tienen los bordes convenientemente preparados de acuerdo a las exigencias mínimas de resistencia de materiales o del criterio mínimo de aceptación del código o norma sobre la cual va a trabajar dicha junta”, Esta estructura consta de cuatro juntas de soldaduras similares ubicadas cada una en las cuatro esquinas de su forma geométrica. A continuación, se grafica el tipo de junta establecidas por las exigencias de las normas y procedimientos usadas para la fabricación de este producto.

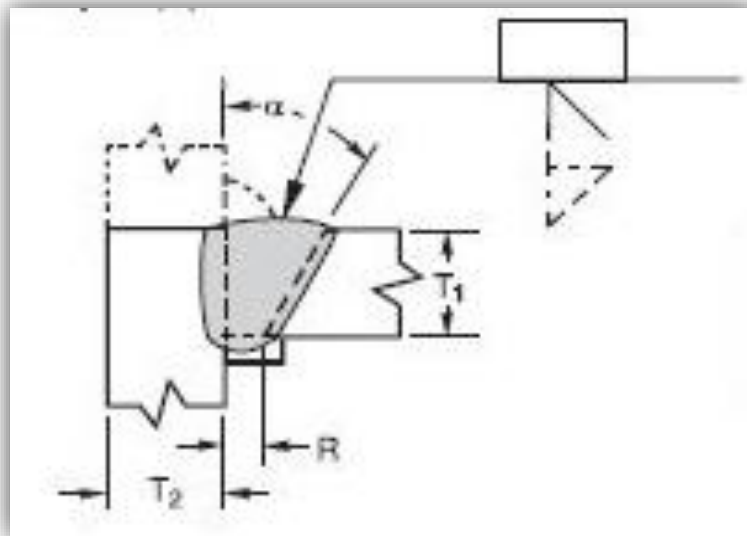


*Figura 19: Tipos de juntas de soldadura.
Fuente: Manual de soldadura de SOLDEXA.*

1.3.4.5. Diseño de juntas de soldadura.

En ESMETAL S.A.C. el área de ingeniería se encarga de los diseños de junta, dimensiones y requerimientos, esta área se basa en diferentes normas y códigos internacionales para el diseño de sus juntas de soldadura tales como la sociedad americana de construcciones en acero más conocida por sus siglas en inglés AISC, ASTM o el código AWS D1.1 y D1.5 que nos detalla tipos de juntas de soldadura realizadas para la construcción de puentes.

Para la A.W.S. (2002), “cuando se diseñan juntas a tope se deben tener en consideración las características de fusión de cada metal base y del material de aporte, así como los efectos de la dilución, mientras mayor es la distancia entre los metales base a la hora de soldar, la dilución crecerá y se provee suficiente espacio para una mejor manipulación del arco, hecho que favorece a la buena fusión del material conforme” se muestra en siguiente figura. La fabricación del producto en investigación constará de cuatro juntas similares ubicadas en las cuatro esquinas de la viga cajón diseñado geométricamente de la siguiente manera, Dónde t_1 y t_2 son los espesores de las planchas a unirse.



*Figura 20: Junta a tope, en esquina, bisel de media “V” con backing.
Fuente: Código AWS D1.5-2015*

1.3.4.6. Ensayos no destructivos.

La Sociedad Americana de Ensayos No Destructivos o ASNT-American Society for Nondestructive Testing es la organización que rige estándares para calificar la gama de ensayos no destructivos existentes para la industria tales como los ensayos por inspección visual (VT), partículas magnéticas (MT), ensayo por radiografía (RT), ensayo por líquidos penetrantes (PT) y para este caso se aplica el ensayo no destructivo mediante ultrasonido (UT) convencional realizado por el especialista de inspección el cual será operado por el inspector de ensayo no destructivo designado quien interpretará las indicaciones que emita el equipo determinando la correcta aplicación y fusión total de soldadura desde el pase de raíz y pases de relleno considerando el espesor de la plancha de acero a inspeccionar y que en este caso es de 22mm.



*Figura 21: Inspector END con equipo de ultrasonido.
Fuente: Elaboración propia.*

1.4. Formulación del problema.

En este apartado, se definirán el problema general y los problemas específicos basados en las dimensiones de cada variable. Estos problemas tomarán forma de pregunta, para dar sentido a lo que se pretende solucionar en esta investigación.

1.4.1. Problema general.

¿De qué manera la ingeniería de métodos mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018?

1.4.2. Problema específico 1.

¿De qué manera el estudio de métodos incrementa la eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018?

1.4.3. Problema específico 2.

¿De qué manera el estudio de tiempos incrementa la eficiencia en el proceso de soldadura en la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018?

1.5. Justificación del estudio.

Posterior a los análisis realizados al proceso en estudio se pudo detectar que existen disconformidades en la calidad del proceso de soldadura. Estas disconformidades se ven reflejadas en la cantidad de juntas de soldadura rechazadas y según las herramientas utilizadas para detectar problemas se observaron las causas principales que generan el efecto negativo para el proceso mediante el diagrama de Espina de pescado y mediante el diagrama de 80/20, se observaron los porcentajes acumulados en que inciden estas causas y finalmente para tener un análisis más exacto del problema, se hizo uso de una matriz de priorización en la que se señala que el proceso de producción tiene una criticidad alta respecto de la matriz con incidencias altas en la falta de capacitación del trabajador.

El beneficio que obtendrá la empresa Esmetal S.A.C. al aplicar La Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad del proceso de soldadura se verá reflejada en el flujo de producción y mejora en el tiempo de entrega de productos fabricados, disminuyendo los índices de reprocesos por rechazos de soldadura.

1.5.1. Justificación técnica.

La ingeniería de métodos comprende y asimila el trabajo que se analiza y de esta manera le permite diseñar los mejores puestos de trabajo y los procesos de forma más eficiente eliminando actividades que no generan valor y permitiendo establecer estándares de trabajo que ayudan a un flujo continuo y armonioso de las actividades que se realizan en la empresa. Sobre ese enfoque, la realización de este proyecto de investigación es tener un proceso más productivo, pero también más organizado.

1.5.2. Justificación económica

Este estudio permitirá utilizar los recursos materiales y humanos de la empresa de una manera más eficientemente lo cual implica un efecto directo en la reducción de costos mediante el ahorro de movimiento, uso innecesario de la maquinaria y el aprovechamiento de los tiempos muertos. Pudiendo de esta manera incrementar así la productividad de área de soldadura en la empresa Esmetal S.A.C.

1.5.3. Justificación social

El estudio de métodos incrementará la eficacia en el área de soldadura en la empresa Esmetal S.A.C; reduciendo malestar y cansancio en los trabajadores. Asimismo, podemos afirmar que una persona que tiene claras sus funciones puede realizar un trabajo de manera más eficiente y segura. Por ende, podemos decir que el estudio de métodos ayuda también a mejorar el clima laboral.

La realización que tiene la ingeniería de métodos implicará un mejor entendimiento de las funciones que tienen los trabajadores de la empresa, de tal forma se reducirán esfuerzos innecesarios con la implementación sistemas implantados por el estudio de métodos. Donde se tomará en cuenta los riesgos ergonómicos que afecten la integridad del colaborador o la restringiendo algunas operaciones que no generan valor en el proceso. De esta forma se puede asegurar que el estudio de métodos produce un incremento en la productividad en el área de soldadura en la empresa Esmetal S.A.C.

1.6. Hipótesis.

La hipótesis General de la investigación está definida de la relación que tienen las variables independiente y dependiente las cuales están denominadas como “Ingeniería de Métodos” y “Productividad” cuya resultante es la siguiente:

La aplicación de la Ingeniería de Método mejora la productividad en el proceso de soldadura mediante el uso de las técnicas y herramientas establecidas en la gestión que analizan los métodos del trabajo, miden los tiempos de las actividades intrínsecas y no intrínsecas del trabajo y proponen las mejoras continuas en la empresa Esmetal S.A.C.

1.6.1. Hipótesis general

La aplicación de La Ingeniería de Métodos mejora la productividad del proceso de soldadura en la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

1.6.2. Hipótesis específicas

Las hipótesis específicas de la investigación se definirán de acuerdo a los indicadores importante que expide la variable dependiente el cual está denominado como

“Productividad” y cuyas dimensiones son la “Eficiencia” y la “Eficacia” para lo cual se ha formulado las siguientes hipótesis específicas:

1.6.2.1. Hipótesis específica 1.

La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora los indicadores de eficiencia en el proceso de soldadura que se usa en la empresa Esmetal S.A.C. a través del análisis que se obtiene del cociente de los tiempos efectivos de las operaciones de soldadura entre la suma de los tiempos efectivos más los no efectivos y el producto del 100% de la misma.

1.6.2.2. Hipótesis específica 2.

La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora los indicadores de eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. mediante el estudio de las actividades intrínsecas del proceso de soldadura que como resultante se obtiene el cociente de la cantidad de juntas de soldadura correctamente realizadas entre la cantidad de juntas de soldadura programadas y el producto del 100% de la misma.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar cómo la ingeniería de métodos mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

1.7.2. Objetivos específicos 1.

Determinar de qué manera el estudio de métodos mejora la eficacia en el proceso de soldadura en la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

1.7.3. Objetivo específico 2.

Determinar de qué manera el estudio de tiempos mejora la eficiencia en proceso de soldadura en la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación.

2.1.1. Según su naturaleza.

Por su naturaleza la presente investigación se determina como de “enfoque cuantitativo porque el investigador usara sus diseños para analizar las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 128).

Según Sánchez y Reyes (2015, p. 84) “La investigación cuantitativa son aquellos cuyos elementos de variación tienen un carácter cuantitativo o numérico. Las variables cuantitativas admiten su cuantificación en las escalas de medición ordinal, de intervalo o de razón” y así mismo Sánchez y Reyes (2015, p. 51) nos indica que el enfoque cuantitativo supone procedimientos estadísticos con procesamiento de datos y hace uso de la estadística descriptiva y/o inferencial.

2.1.2. Según su objetivo o finalidad.

“La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal; se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las secuencias prácticas que de ella se deriven” (Sánchez y Reyes, 2015, p. 44 - 45).

2.1.3. Según su nivel o profundidad.

“Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir. Están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurren un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué relacionan dos o más variables” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 95).

2.1.4. Según su diseño.

Según Arias (2012, p. 35) La presente investigación es clasificada como cuasi experimental, pre test – pos test con un solo grupo así “como su nombre lo indica, este diseño es una especie de prueba o ensayo que se realiza antes del experimento verdadero”

Según Sánchez y Reyes (2015, p. 133) esta investigación es determinada como Pre-test Post-test con un solo grupo, dado que “la ejecución de este diseño implica tres pasos a ser realizados por parte del investigador: 1. Una medición previa de la variable dependiente a ser estudiada(pre-test) (O1), 2. Introducción o aplicación de la variable independiente o experimental (X) a los sujetos del grupo ; y, 3. Una nueva medición de la variable dependiente en los sujetos (post-test) (O2) puede ser diagramado de la siguiente manera:”

$$GE = O1 \rightarrow X \rightarrow O2$$

Dónde:

GE = Grupo Experimental.

O1 = Pre test Grupo Experimental (Productividad).

X = Variable independiente (Ingeniería de Métodos).

O2 = Post test grupo experimental (Productividad).

2.1.5. Por su alcance en el tiempo.

Por su alcance en el tiempo esta investigación es determinada como investigación transversal porque se analizará una muestra antes de aplicar la variable independiente sobre la variable dependiente y otra después de aplicar la variable independiente sobre la dependiente, de esta manera se conseguirá dos muestras extraídas en diferentes momentos que permitirán realizar una comparación causal (Sánchez y reyes, 2015, p. 122).

2.2. Operacionalización de variables.

“Las variables constituyen cualquier característica, cualidad o propiedad de un fenómeno o hecho que tiende a variar y que es susceptible de ser medido y evaluado. Una variable puede definirse también como una propiedad que adquiere distintos valores” (Sánchez y Reyes, 2015, p. 83).

“La variable es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación” (Arias, 2012, p. 57).

2.2.1. Variable independiente: Ingeniería de Métodos.

Para esta investigación se determina como variable independiente a la Ingeniería de Métodos y tal como lo indica García (2005, p. 1) “El diseño de métodos es la técnica cuyo objetivo es el incremento de la productividad por medio de la supresión de los desperdicios de los recursos de la empresa ya sea tiempo, recurso humano y material. Asimismo, la ventaja de esta técnica es que brinda a las empresas una mejor calidad y precio en sus productos mediante la factibilidad de la producción en los procesos.

Esta variable puede ser descompuesta en dos dimensiones, los cuales son estudio de métodos y medición del trabajo; a continuación, se detalla de la siguiente manera.

2.2.1.1. Estudio de métodos.

Según García (2005, p. 8) “La simplificación del trabajo tiene por objetivo aplicar un procedimiento sistemático de control de todas las operaciones (directas e indirectas) de un trabajo dado a un análisis meticuloso, con el objeto de introducir mejoras que permitan que el trabajo se realice más fácilmente, en menor tiempo o con menos material, o sea, con menos inversión por unidad y esta fase incluye como parte importante el diseño y la creación o selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos y/o habilidades.”

“El estudio de métodos es saber interrelacionar adecuadamente los recursos económicos, materiales y humanos para poder incrementar la productividad, encontrando alternativas de soluciones confiables en todos los procesos de producción que a su vez establecen lineamientos que ajustan las medidas del impacto que esta pueda causar” (García, 2005, p. 33).

En este sentido, para esta investigación se aplicará la siguiente formula como instrumento representativo de los indicadores de actividades que agregan valor en el proceso de soldadura.

$$X = \frac{Aav}{Ta} X 100\%$$

Dónde:

X = Índice de actividades.

Aav = Actividades que agregan valor.

Ta = Total de actividades.

2.2.1.2. Medición del trabajo.

Según Kanawaty (1996, p. 19-20) “La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento pre establecida y para determinar en cuánto tiempo debería realizarlo consignando la mejora a emplearse.”

Según García (2005, p. 8) “la medición del trabajo comprende lo que puede llamarse el levantamiento del trabajo; es decir, en ella se investiga en qué condiciones, bajo que métodos y en qué tiempo se ejecutara un trabajo determinado, con el objeto de balancear cargas de trabajo, establecer costos estándares, implantar sistemas de incentivos y programar la producción”.

En tal sentido el indicador que se desea trabajar para esta investigación será en tiempo estándar en el proceso de soldadura por lo cual se usará la siguiente formula que servir como instrumento representativo de dicho indicador

$$Ts = Tn(1 + S)$$

Dónde:

Ts =Tiempo estándar.

Tn = Tiempo normal.

1 = Factor de calificación.

S = Suplementos.

2.2.2. Variable dependiente: Productividad.

Las variables dependientes son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente y estas constituyen los efectos o consecuencias que se miden y que dan origen a los resultados de la investigación (Arias, 2012, p. 59).

Para esta investigación se ha determinado como variable dependiente a la productividad la cual es una variable cuantitativa que puede ser medida en una escala de razón. y tal como nos indica Niebel y Freivalds (2009, p. 1), “La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad y la mejora de la productividad es el aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida”.

Esta variable puede ser descompuesta en dos dimensiones, las cuales son eficiencia y eficacia, que a su vez pueden ser medidas también en una escala de razón.

2.2.2.1. Eficiencia.

Citando a García (2005, p.19), la eficiencia es: “la capacidad disponible en horas hombre y horas máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente, asimismo, nos indica que la eficiencia hacer las cosas correctamente con el mínimo esfuerzo”, en otras palabras, esta es la relación entre la producción y la cantidad de recursos que se utilizó para el mismo producto”.

Cabe resaltar la eficiencia es un indicador que puede ser medido en los distintos factores que intervienen en la producción como: mano de obra, maquinaria, materia prima, etc.

Para esta investigación se ha realizado la siguiente formula que nos permitirá basado en lo anteriormente dicho por García.

$$Eficiencia = \frac{Te}{Te + Tne} \times 100\%$$

Dónde

Te = Tiempo efectivo

Tne = Tiempo no efectivo

2.2.2.2. Eficacia.

De igual manera para la eficacia el autor García (2005, p.19) nos indica que “la eficacia es el grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares de diseño realizando la operación de manera correcta. En otras palabras, este es un indicador de rendimiento que evalúa el nivel de desempeño de un proceso lo cual implica obtener los resultados deseados

que puede ser reflejado en cantidad o calidad percibida” y de la misma forma obtenemos la siguiente formula.

Para la presente investigación, la eficacia será determinada por la cantidad de juntas de soldaduras producidas bien hechas entre la cantidad de juntas de soldadura programadas.

$$Eficacia = \frac{Lsa}{Lsp} \times 100\%$$

Dónde

Lsa = Longitud de soldadura aceptada.

Lsp = Longitud de soldadura programada.

A continuación, se presenta la Matriz de Operacionalización de variables, en Dónde se detalla las definiciones epistemológicas y conceptuales de las variables dependiente y la variable independiente del desarrollo de la investigación, así como las dimensiones asignados, indicadores a tomar y formulas establecidas y relacionadas mediante el requerimiento de las herramientas de la Ingeniería de Métodos.

| MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | | | | | | |
|---|--|---|----------------------|--|---|-----------|
| | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | FÓRMULAS | ESCALA |
| V. INDEPENDIENTE INGENIERÍA DE MÉTODOS | Según García (2005, p.1) “El diseño de métodos es la técnica que tiene por objetivo aumentar la productividad del trabajo mediante la eliminación de todos los desperdicios de materiales, tiempo o esfuerzo. | Es una herramienta que analiza detalladamente la ejecución de los procesos y cuya finalidad es mejorar la productividad de la empresa, a través del estudio de metodos y la medición del trabajo. | Estudio de Métodos | Índice de actividades que agregan valor. | $X = \frac{Aav}{Tta} \times 100\%$ <p>X = Indicador. Aav = Actividades que agregan valor. Tta = Tiempo total de actividades.</p> | Razón |
| | | | Medición del trabajo | Tiempo estándar de operaciones de soldadura. | $Ts = Tn(1 + S)$ <p>Ts = Tiempo estándar. Tn = Tiempo Normal. S = Factor de suplementos.</p> | Intervalo |
| V. DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD | Citando a García (2005, p.177) “La medición del trabajo es un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo de una norma de rendimiento preestablecida.” | Indicador sustancial para una empresa, el cual se obtiene de la multiplicación de sus competencias, eficiencia y eficacia, para optimizar recursos en los objetivos trazados. | Eficiencia | Tiempo efectivo en operaciones de soldadura. | $Eficiencia = \frac{Te}{Te + Tne} \times 100\%$ <p>Te = Tiempo efectivo. Tne = Tiempo no efectivo.</p> | Razón |
| | | | Eficacia | Longitud de soldadura sin reprocesos (OK). | $Eficacia = \frac{Lsa}{Lsp} \times 100\%$ <p>Lsa=Longitud de soldadura aceptada. Lsp=Longitud de soldadura programada. *Longitud de junta soldada expresada en metros</p> | Razón |

Tabla 12: Matriz de operacionalización de variables.
Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra.

La Población, muestra y muestreo indicadas en los siguientes apartados, están adecuadas y alineadas para esta investigación de acuerdo con el método científico empleado.

2.3.1. Población.

Según Arias (2012, p.81) “la población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”,

Para Arias (2012, p82) “cuando la población objetivo tiene carácter finito es también conocido como población accesible o población muestreada además el tamaño de la población accesible depende del tiempo y de los recursos del investigador”

La población determinada para la presente investigación son la cantidad en metros lineales de soldadura aplicado en la fabricación de vigas cajón producidas en la nave n° 1 de la planta de fabricaciones de Esmetal S.A.C. callao. Esta evaluación se realizará de manera diaria en un periodo de veinticinco (25) días antes de aplicar la mejora y veinticinco (25) días después de la aplicación de la mejora.

2.3.2. Muestra.

“Si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. Por lo tanto, se podrá investigar u obtener datos de toda la población accesible sin que se trate estrictamente de un censo” (Arias, 2012, p. 83).

En tal sentido para esta investigación se determina que la muestra estará expresada en las unidades de vigas cajón fabricadas en treinta (30) días de producción de la empresa Esmetal S.A.C. Callao 2018.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnica de observación directa: “Esta técnica consiste en visualizar o captar mediante la vista en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produce en la naturaleza, sociedad y en función a los objetivos de la investigación pre establecidos” (Arias, 2012, p. 69).

El desarrollo de la presente investigación se ejecutará con la técnica de observación directa, la cual nos permitirá recolectar los datos que se presenten en el proceso de soldadura y su productividad aplicados en las juntas de penetración completa para la fabricación de vigas cajones.

2.4.2. Instrumentos para recolección de datos.

2.4.2.1. Formato de recolección de datos: “Los estudios de tiempo exigen el registro de números datos tales como códigos o descripciones de elementos, duración de elementos o notas explicativas y dichos apuntes se pueden tomar en hojas en blanco, pero mucho más cómodo es emplear formatos impresos, lo que además permite colocarlos en ficheros fáciles de posteriores consultas” (Kanawaty, 1996, p. 278).

2.4.2.2. Cronómetro: El cronómetro es un instrumento de medición del tiempo que pueden ser de función mecánica o electrónica que en este caso sirve para tomar tiempos exactos de las distintas actividades u operaciones para ser analizadas y posteriormente se deseen estandarizar (Kanawaty, 1996, p.273).

2.4.3. Validez.

La validez se refiere al grado de dominio del instrumento de medición sobre las variables que se desea medir reflejado en un contenido específico (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 200).

Para tal efecto, dicho contenido específico está sometidos a la aprobación de un juicio de expertos conformados por tres Ingenieros Industriales, especializados en materia de ingeniería de métodos. Para ver dicho documento ir a la sección de anexos.

2.4.4. Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce. Esta se determina mediante diversas técnicas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 200).

Para el desarrollo de la presente investigación se procederá a procesar los datos pre test y pos test introduciéndolos en el interfaz del software IBM SPSS Statics 25 de las cuales se obtendrán los principales datos tales como los índices de la media, la desviación estándar y la curtosis.

2.5. Métodos de análisis de datos

Los análisis de los datos recogidos en el desarrollo de la presente investigación estarán sometidos a evaluación filtrada por el uso del software Microsoft Excel, IBM SPSS Statics 25 de la cual se extraerán resultados analizados de acuerdo a las necesidades propuestos. Adicional a los softwares ya mencionados se aplicará también el software de diseño asistido por computadora AutoCAD para la ilustración y representación de diagramas, planos o referencias gráficas y Microsoft Excel para dar formato y aplicar cálculos requeridos.

2.6. Aspectos éticos

En el presente trabajo de investigación se considera como fundamental y primer aspecto ético el permiso del Departamento de Gestión Humana de Esmetal S.A.C. para la extracción de imágenes y datos referentes a la producción en el área de fabricaciones para lograr explicar cómo la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa en mención.

El segundo aspecto ético fundamental para el desarrollo de esta investigación es la protección de los autores de cada trabajo de investigación empleado en la sección de trabajos previos además de libros, artículos y otros documentos usados en la gramática y términos verbales del presente trabajo teniendo como forma estructural el estilo ofrecido por la norma ISO-690 indicada por la Universidad César Vallejo.

2.7. Desarrollo de la propuesta. Aplicación de la Ingeniería de Métodos.

En este apartado se pondrá en ejecución la propuesta inicialmente planteada y determinada en la variable independiente de la presente investigación cuyo propósito es mejorar la productividad a través del análisis que nos brinda la aplicación de la Ingeniería de Métodos enfocada en la búsqueda o implementación de un nuevo método de trabajo a través de la observación de tiempo – movimiento y costo - beneficio aplicando los ocho etapas correspondientes de la Ingeniería de Métodos también conocido como el Estudio del Trabajo. Ya hemos visto que esta herramienta es una de las primeras gestiones usadas en la ingeniería industrial y creadas por el ingeniero Frederick Taylor y posteriormente mejorado por los esposos Frank y Lilian Gilbreth a quienes se les atribuye ser pioneros aportadores al Estudio del Trabajo. La Ingeniería de Métodos según Kanawaty,1996 Pag.77 nos indica que esto es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras a través de ocho etapas que a continuación se presenta.

1.- Etapa Seleccionar,

2.- Etapa Registrar.

3.- Etapa Examinar.

4.- Etapa Establecer.

5.- Etapa Evaluar.

6.- Etapa Definir.

7.- Etapa Implantar.

8.- Etapa Controlar.

Estas ocho etapas se pondrán en ejecución durante todo el desarrollo de la propuesta no sin antes conocer el terreno sobre la cual vamos a actuar y poner en práctica los conocimientos adquiridos a través de la teoría para cual necesario saber todo sobre la empresa, la situación actual, la estructura organizacional, el equipamiento de planta, su ingeniería de detallamiento, capacidad y volumen de negocio, productos que fabrica, principales clientes y sus aspectos estratégicos.

2.7.1. Situación actual.

Actualmente Esmetal se encuentra realizando uno de los mejores proyectos de ingeniería y construcción llevados a cabo en el Perú tratándose de un puente vehicular que causará un impacto social positivo sobre los pobladores del departamento de Piura conectando los distritos de Castilla y Piura de una manera efectiva y inmediata logrando de esta manera el aumento de comercio entre ambos distritos y las oportunidades laborales para todos los peruanos.

2.7.1.1. La empresa.

Razón social: ESMETAL S.A.C.

RUC: 20302091766

Nombre comercial: ESMETAL.

Reconocimiento legal: Sociedad Anónima Cerrada.

Representante legal: Aguirre Salmon Diego Alfonso.

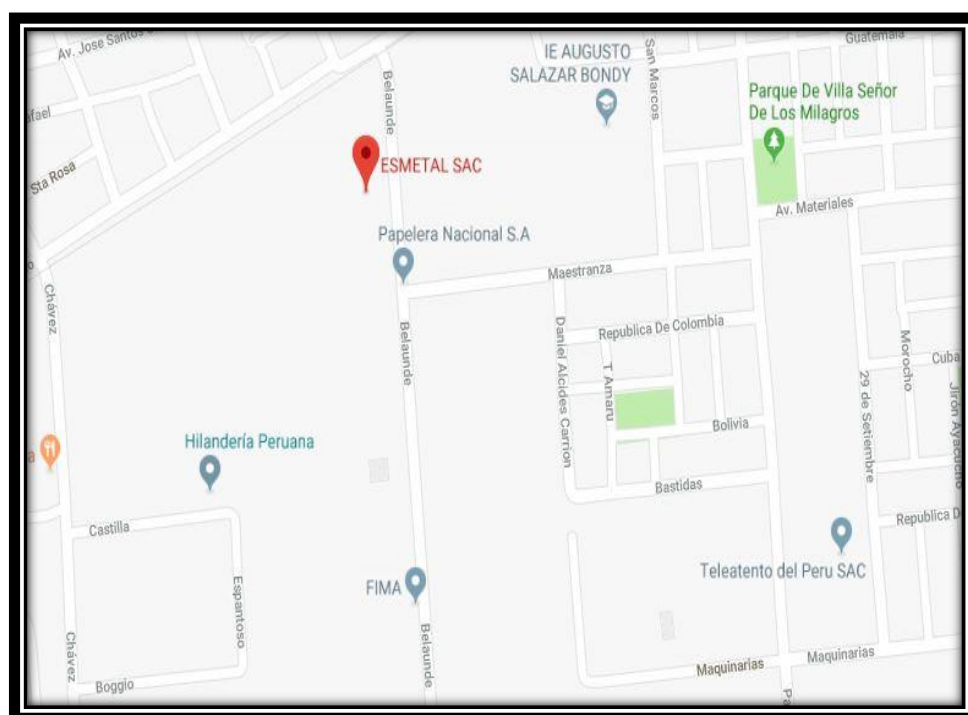
Actividad comercial: Fabricación de productos metálicos de uso estructural.

CIIU: 2511 (Rev. 4-SUNAT).

País: Perú.

Provincia, Ciudad y Distrito: Lima, Callao y Carmen de la Legua Reynoso.

Dirección: Av. Víctor A. Belaunde N° 720.



*Figura 22 Ubicación Geográfica de Esmetal.
Fuente: Google Maps.*

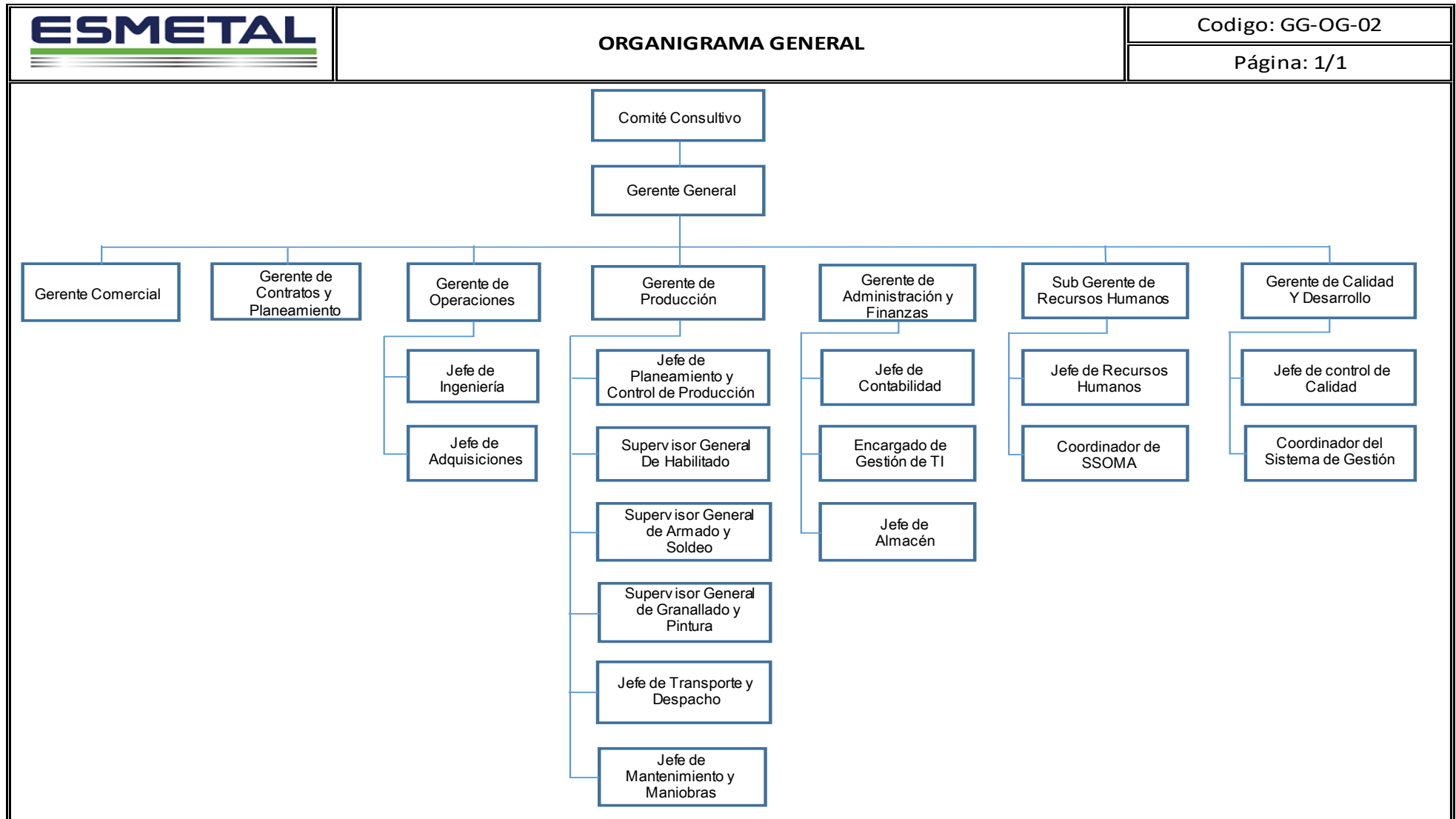
Esmetal S.A.C. es una empresa peruana formado con capital chileno perteneciente al grupo EDYCE CORP. Creado institucionalmente el año 1996 ubicado en la Av. Víctor Andrés Belaunde N° 720 en el distrito de Carmen de la Legua Reynoso-Callao contando inicialmente en un área de 30,000m2 para la realización de los procesos de habilitado de aceros, fabricación, granallado y recubrimientos industriales con capacidad de producción de 1,500 toneladas métricas por mes de acero procesado constituyéndose, así como el mayor fabricante de estructuras metálicas a nivel nacional.

En el año 2012 Esmetal se proyecta a la expansión de mercado y adquiere una planta industrial ubicado en el distrito de Lurín-Lima con un área de 31,000m2 destinado a los procesos de granallado y protecciones anticorrosivas de manera que se determina en dos plantas industriales conocidas como Esmetal- Callao Dónde se procesan los aceros hasta su etapa de fabricación en negro para luego ser transportados a Esmetal-Lurín Dónde se aplican los procesos de granallado y recubrimientos industriales quedando así el producto como terminado. Esmetal S.A.C. desarrolla sus productos bajo las siguiente certificaciones y estándares internacionales:



*Figura 23: Estándares y certificaciones aplicados a los productos de Esmetal.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.1.2. Estructura organizacional.



*Figura 24: Organigrama Esmetal.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.1.3. Equipamiento de planta: En la actualidad Esmetal S.A.C. cuenta con un equipamiento en maquinarias y herramientas de alto nivel industrial tales como: Maquinas de soldad en procesos manuales y semiautomáticos, dos líneas de procesamiento de perfiles CNC Peddinghaus, dos líneas de procesamiento de placas base y de conexión CNC Peddinghaus, dos líneas de corte automático por sierra de perfiles, una línea automática de destajes CNC Peddinghaus , dos líneas de granallado automático, equipos de pintado airless-spray, equipos de ultrasonido para control de calidad, generadores y lectores de códigos de barras, una máquina automática de soldadura por arco sumergido Corimpex en su línea de producción de perfiles, una plegadora con capacidad de 3 toneladas y una cizalla estacionaria de alta precisión, cada nave está habilitado con dos puentes grúas con capacidad de carga de 10 y 12 toneladas todo esto en un área de 45,000m² como área de planta y adicional a ello 1,500m² de oficinas e ingeniería.



*Figura 25: Equipamiento de planta.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.1.4. Ingeniería y Detallamiento: Una de las áreas más importantes y fortalecidas de Esmetal es el área de Ingeniería y Detallamiento. Es aquí Dónde se realizan los planos Dónde se diseñan las formas y dimensiones que tendrán las estructuras y las juntas de soldaduras en su total complejidad por lo que Esmetal cuenta con capacidad para diseñar y detallar desde 1,800 a 2,000 toneladas métricas por mes con el uso de sofisticados softwares de cálculo y diseño 3D de última generación tal como Teckla Structures (Xsteel) expandible.



Figura 26: Ingeniería y detallamiento.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.1.5. Capacidad de Producción y volumen de negocio.

Debido al equipamiento, las facilidades de maniobra por nave y a la capacidad de ingeniería y detallamiento con la que cuenta Esmetal, su planta está preparada para poder producir hasta 2,000 toneladas métricas de estructuras procesadas por mes. Estos productos están estratificados en función a las libras /pie que puedan tener cada una de ellas tal como se detalla en el siguiente cuadro.

| CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE ESMETAL S.A.C. | | | | |
|---|-----------------|-------|-------|--------|
| PRODUCTO | CONCIDERACIONES | DESDE | HASTA | RAZÓN |
| Estructura pesada | > 40 lbs/pie | 1,500 | 2,000 | TM/mes |
| Estructura mediana | 20-40 lbs/pie | 1,250 | 1,500 | TM/mes |
| Estructura liviana | < 20 lbs/pie | 1,000 | 1,250 | TM/mes |

Tabla 13: Capacidad de producción de Esmetal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 27: Capacidad de producción.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.1.6. Productos fabricados: En el siguiente cuadro se detallan los tipos de estructuras metálicas o productos fabricados en Esmetal S.A.C. su descripción, uso e imagen referente para mayor ilustración.

| PRODUCTO | DESCRIPCIÓN | ILUSTRACIÓN |
|--|---|--|
| Viguetas, Soporteras, barandas y escaleras (Livianos) | Estructuras metálicas consideradas livianas, cuyo peso por unidad en su mayoría es inferior a 150 kg. Estos productos están destinados a formar parte de un conjunto de elementos que como resultado de sus uniones son edificios de oficinas institucionales, equipamientos industriales o naves y industriales. |  |
| Enrejados volumétricos (Mediano) | Construcciones metálicas de uso estructural consideradas como de fabricación compleja cuyo peso por unidad de producto sobrepasan los 300 kilos y pueden llegar a pesar hasta 3 toneladas según diseño y finalidad. Estos productos en su mayoría están destinados a formar parte de fajas transportadoras usadas en minería, puentes modulares o pipes rack usualmente en el sector de hidrocarburos. |  |
| Vigas W y H (Pesados) | Elemento de acero estructural fabricado en taller, se caracteriza por tener la forma de un perfil H laminado sin embargo estas estructuras son soldadas de acuerdo a procedimiento, ya sea por temas contractuales, de diseño o ingeniería. En muchos casos son fabricados por no coincidir en dimensiones comerciales. Este producto en su mayoría está destinado a formar parte de puentes vehiculares, plataformas, muelles marítimos y columnas para naves industriales. |  |
| Vigas Cajón (Pesados) | Elemento de acero estructural de gran demanda en la fabricación de puentes vehiculares y muelles marítimos, este producto considerado como de gran envergadura en su mayoría están destinadas a formar parte de fortificaciones que estarán sometidas a tipos de carga axial, tensiones de presión y compresión, resistencia a la tracción y puntos de flexión bastante tolerantes por lo cual su fabricación tiene un proceso de calidad que se rige bajo normas más rigurosas que en los anteriores productos en donde las juntas de soldadura estarán sometidas a ensayos no destructivos antes de ser liberadas como elemento construido. |  |

*Tabla 14: Productos fabricados.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.1.7. Principales clientes.

Entre los principales clientes de Esmetal S.A.C. los más conocidos: Antamina, ABB, Aceros Arequipa, Ambev Perú, Barrick, Chinalco, CB&I, Edegel, Comasa, GyM, JJC, SSK, Pluspetrol, Yanacocha, Flúor, Perú LNG, SKANSKA, Tecna, Southern Cooper, Fima, Electra, Volcán, FLSmith, SNC-LAVALIN, Tintaya entre otros tal como se muestra en la siguiente imagen.



*Figura 28: Principales clientes.
Fuente: Elaboración propia.*

Esmetal S.A.C. en sus 22 años de existencia ha venido participando activamente en el desarrollo de diferentes proyectos llave en mano para los diferentes sectores de la industria entre las cuales destacamos la minería e hidrocarburos siendo cada una de ellas una experiencia de aprendizaje y enriquecimiento del know how que le ha permitido afianzarse con sus clientes y tal como se muestra en el siguiente gráfico según dato histórico Esmetal ha tenido una participación muy importan para el proyecto Perú LNG PAMPA MELCHORITA a través de la transnacional CB&I. con un total de 13,500 toneladas métricas de estructuras fabricadas seguido por SOUTHERN COPPER con 7,767 toneladas métricas, Antamina con 2,194 toneladas métricas, GyM con 2,188 toneladas métricas de acero en estructuras y todas estas entregadas en el tiempo correcto con alta calidad y sobretodo con total seguridad y cero accidentes incapacitantes .

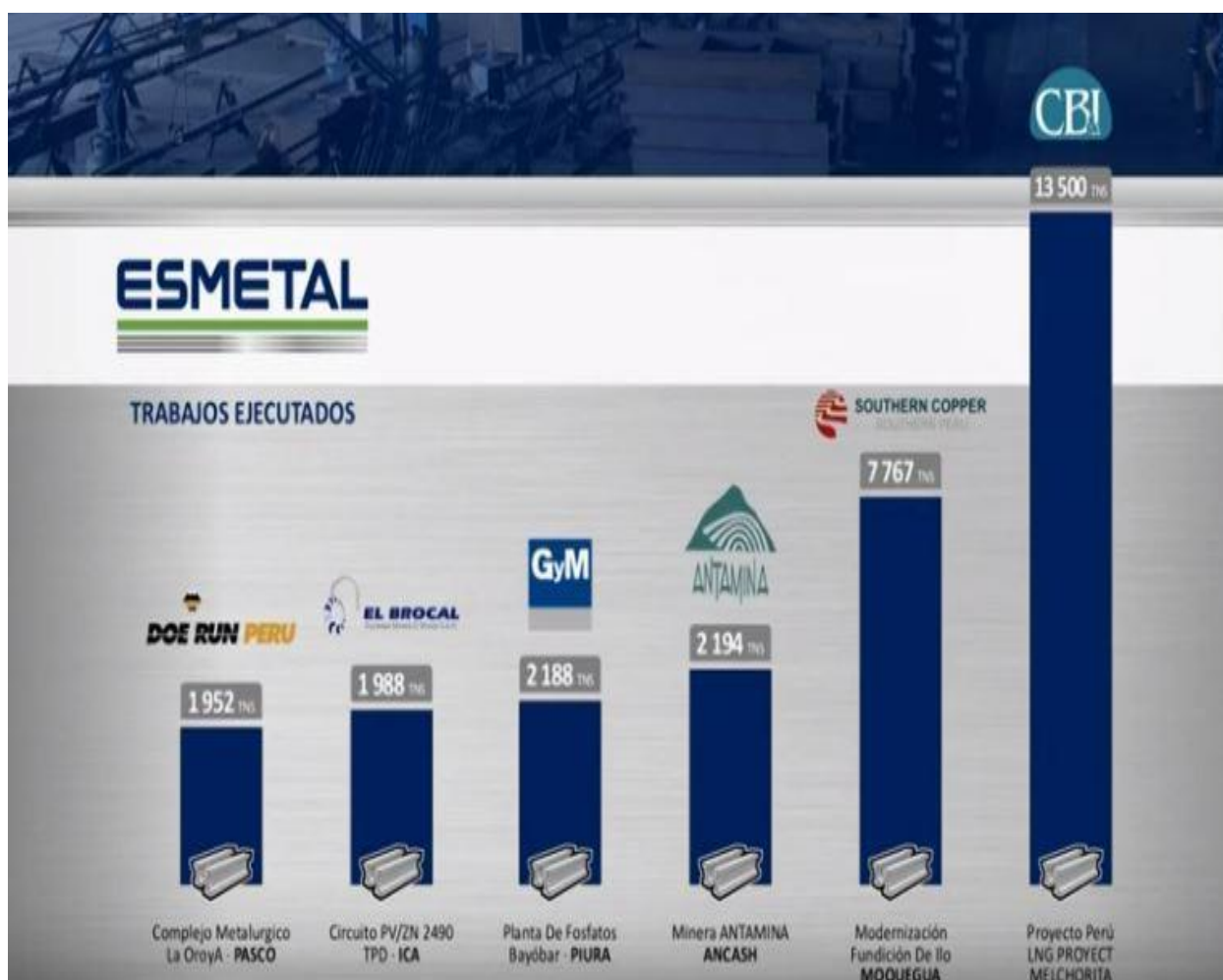


Figura 30: Clientes de mayor demanda productiva.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.1.8. Aspectos estratégicos.

En Esmetal S.A.C. trabajamos bajos los principios corporativos basados en la confianza y el fortalecimiento del valor humano por tanto a continuación presentamos la Misión, Visión, Pacto de ética de la organización y Política de calidad establecida.

MISIÓN

Brindamos soluciones integrales desde el diseño, fabricación, ejecución de proyectos y montajes electromecánicos, con el compromiso continuo de renovarnos y actualizarnos, manteniendo procesos de clase mundial con foco en las necesidades del mercado y satisfacción de nuestros stakeholders.

VISIÓN

Ser la empresa metalmecánica líder del mercado nacional y regional integrando distintas disciplinas en la fabricación y ejecución de proyectos.

*Figura: Misión y Visión.
Fuente: Esmetal S.A.C.*

PACTO DE ÉTICA

Nos comprometemos a...

- ☐ Ser sinceros y honestos en todas nuestras actividades, tanto laborales como personales.
- ☐ Tratar a todos con respeto, cortesía y equidad.
- ☐ Usar los principios éticos como fundamento de nuestro actuar y denunciar cualquier acto que atente contra ellos.
- ☐ Promover políticas que generen igualdad de oportunidades para todos.
- ☐ Esforzarnos por cumplir no sólo con lo que es legal, sino con lo que es correcto.
- ☐ Ser veraces y dignos de confianza.
- ☐ Ser íntegros y respetuosos respecto a los bienes y servicios que nos brinda la empresa, evitando causarles daño de forma deliberada.
- ☐ Elaborar productos y brindar servicios de calidad, requeridos por el cliente o usuario interno, que estén a la altura de los más altos estándares profesionales.
- ☐ Respetar la confidencialidad de la información que manejamos en nuestras labores y no utilizarla inapropiadamente con fines de beneficio personal o de terceros.
- ☐ Estar comprometidos con la política de calidad de la empresa, sus normas y procedimientos, que rigen las buenas prácticas de trabajo y del negocio.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Aguirre Salmón'.

Diego Aguirre Salmón
Gerente General

Lima, Octubre del 2017
Rev. 01

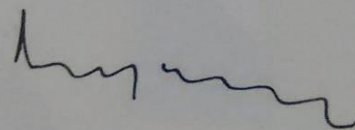
*Figura 32: Pacto de ética.
Fuente: Esmetal S.A.C.*

POLÍTICA DE CALIDAD

En **ESMETAL** diseñamos, fabricamos y comercializamos estructuras de acero.

Estamos comprometidos en lograr que nuestros procesos y productos cumplan estándares de calidad y de entrega oportuna a los clientes, apoyándonos en la renovación tecnológica y la capacitación de nuestro personal.

Buscamos que la mejora continua del Sistema de Gestión de la Calidad, y nuestro servicio integral contribuyan en elevar la satisfacción de nuestros clientes.



Diego Aguirre Salmón
Gerente General

Lima, Marzo del 2014
Rev. 03

*Figura 33: Política de calidad.
Fuente: Esmetal S.A.C.*

2.7.1.9. Cronograma de actividades de la investigación.

[illegible]

Tabla 15: Cronograma de actividades de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.1.10. Costo de la aplicación de la Ingeniería de Métodos.

El costo de aplicar la Ingeniería de Métodos en esta investigación incluye tres conceptos importantes presentados en el siguiente cuadro con sus cantidades y costos.

| INVESTIGADOR | CANTIDAD | S/ | 5,100.00 |
|---|-----------------|-----------|-----------------|
| Analista investigador x mes | 6 | S/ | 5,100.00 |
| MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS | CANTIDAD | S/ | 1,674.00 |
| Cronómetro digital | 1 | S/ | 130.00 |
| Tablero de madera | 2 | S/ | 10.00 |
| Laptop HP | 1 | S/ | 1,150.00 |
| Impresora CANON | 1 | S/ | 185.00 |
| Cámara digital CANON | 1 | S/ | 199.00 |
| CONSUMIBLES | CANTIDAD | S/ | 170.50 |
| Res de hojas bond X 500 | 2 | S/ | 21.00 |
| Block borrador | 2 | S/ | 4.00 |
| Lapiceros /corrector / Lápiz / Borrador | 2 | S/ | 16.00 |
| Impresiones de formatos pre-test | 30 | S/ | 6.00 |
| Impresiones de formatos pos-test | 35 | S/ | 7.00 |
| Impresiones del proyecto de investigación x 2 | 250 | S/ | 46.00 |
| Impresiones del desarrollo de investigación x 2 | 302 | S/ | 54.00 |
| Espiralados | 4 | S/ | 8.00 |
| Folders manila | 12 | S/ | 8.50 |
| Costo Total de la Investigación | | S/ | 6,944.50 |

Tabla16: Costo de la aplicación de la ingeniería de Métodos.

Fuente: Elaboración propia.

El concepto de investigador se denomina a la persona directa que realiza toda la investigación, quiere decir que es el mayor interesado en que se realice la presente tesis y en algunos casos será mencionado como analista u observador porque estas serán parte de sus funciones y se le atribuye un costo de S/5,100.00 por seis meses de trabajo. Las máquinas y herramientas se denominan a todo lo requerido para materializar el estudio en cada etapa y se le atribuye un costo de S/1,674.00. Consumibles se denomina a los útiles de escritorio que tienen alta rotación en toda la investigación estas harán posible materializar los registros, formatos y apuntes de todo el proceso en conjunto con las máquinas y herramientas consignados, el costo que se le atribuye es de S/170.50.

El costo total generado para la aplicación de la Ingeniería de Métodos en esta investigación es de S/6,944.50 siendo aún un costo relativamente bajo en comparación con las otras herramientas propuestas en el cuadro de alternativas.

2.7.2. Etapa 1 del desarrollo de la propuesta.

Seleccionar.

La selección de esta primera etapa queda limitada en la aplicación de la observación de tiempos y movimientos de las actividades de las operaciones de soldadura de las vigas cajones en la empresa Esmetal S.A.C. de acuerdo con los análisis realizados al inicio de esta investigación en la tabla N° 8 de las alternativas de solución, se ha presentado cuatro alternativas: Total Quality Management, PHVA, Total Productive Maintenance y La Ingeniería de Métodos Donde se aplicó una ponderación para cada criterio de calificación siendo esta ultima la de puntaje más alto y decisivo para esta investigación y de acuerdo con sus principales herramientas se pueda mejorar la situación actual y revertir los principales problemas que afectan la baja productividad identificados mediante la herramienta de gestión el Diagrama de Pareto.

| ALTERNATIVAS | CRITERIOS | | | | Total |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-------|
| | Solución a la problemática | Costo de aplicación | Facilidad de aplicación | Tiempo de aplicación | |
| TQM | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| PHVA | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| TPM | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| INGENIERÍA DE MÉTODOS | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| No bueno(0)- Bueno(1)- Muy Bueno(2) | | | | | |
| Criterios establecidos. | | | | | |

*Tabla 9: Alternativas de Solución.
Fuente: Dialogado con el jefe inmediato.*

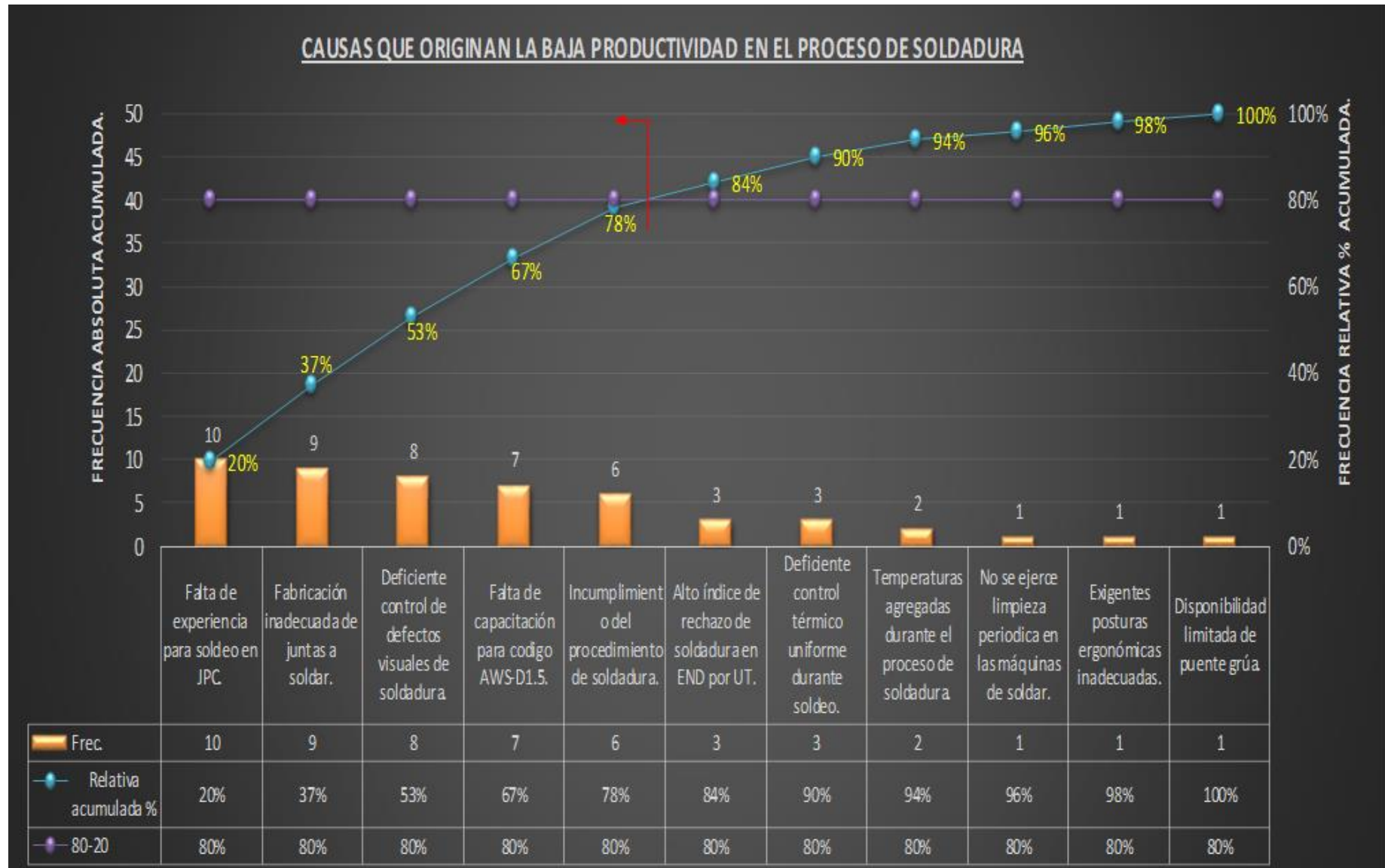


Figura 5: Gráfico de Pareto.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.3. Etapa 2 del desarrollo de la propuesta.

Registrar

A partir de este apartado lo que se busca es evidenciar lo que se ha observado en veinticinco días mediante formatos brindados por la ingeniería de métodos, pero adecuado para esta investigación, por tanto, sea necesario explicar a detalle cada actividad, moviendo u operación que se indica en la siguiente base de datos pre-test obtenido a través de esta segunda etapa de la siguiente manera.

2.7.3.1. Base de datos pre-test (antes de aplicar la mejora).

En este apartado de la investigación se procederá a extender la base de datos cuantitativos conforme a la realidad actual de la empresa y en coherencia a los indicadores expresados en el cuadro de Operacionalización de variables. Estos datos son obtenidos a través de las técnicas de recolección de datos y los instrumentos de medición consignados en la metodología de la investigación.

2.7.3.1.1. Diagrama de operaciones de proceso pre-test.

Como primera base de datos se presenta a continuación el diagrama de operaciones de proceso que, según Kanawaty (1996, p, 88-91), primero se procede a mencionar como listado las operaciones e inspecciones ejecutadas en el mencionado proceso los cuales inician después de la recepción de la junta armada.

a. Escobillado de junta: Esta operación es importante porque permite preparar la zona de soldadura para seguidamente realizar una correcta y efectiva inspección inicial, en esta operación se eliminan, residuos metálicos, óxidos, escoria de los puntos de soldadura, grasas e impurezas todo esto mediante el uso de escobillas circular acoplado a una maquina amoladora.

b. Inspección inicial: Consiste en revisar minuciosamente que la junta de soldadura se encuentre correctamente armada y cada uno de los puntos de soldadura se encuentren correctamente aplicados.

c. Precalentamiento de la junta: El precalentamiento está considerado dentro de las operaciones del proceso de soldadura siempre y cuando así lo establezca en el WPS (ver figura

17) para este caso, si se mantendrá una temperatura nominal de precalentamiento de 65 C° dado que el espesor del material base t_1 y t_2 , (ver figura 20) es mayor a 20mm.

d. Aplicación de soldadura de raíz: La soldadura de raíz es el primer pase aplicado a la junta que se desea soldar, esta aplicación se caracteriza por tener la fusión total entre los tres elementos que componen dicha junta (t_1 + respaldo metálico + t_2), En esta operación requiere toda la experiencia del soldador porque esta es la parte critica de una junta de soldadura ya que de no respetar el los parámetros establecidos en el procedimiento WPS se pueden generar micro fisuras, falta fusión o alguna otra anomalía en la soldadura con el material base.

e. Retiro de escoria: La escoria es un material refractario formado en la superficie del metal de soldadura por los mismos componentes químico del material de aporte AWS-E-71-T1 (ver anexo 24). Esta escoria ayuda en la protección y formación del metal mientras se encuentre en estado líquido y aportan propiedades mecánicas al material de soldadura. Después de solidificarse y pasar a estado sólido esta escoria procede a ser retirada y desechada. Esta operación está considerada en este proceso porque lo realiza el mismo soldador ejecutante mediante el método de limpieza mecánica con esmeril.

f. Inspección de pase de raíz: Esta inspección consiste en la verificación visual de la correcta aplicación de la soldadura en el primer pase de raíz realizado por el mismo soldador ejecutante, de encontrarse defectos tales como porosidades, discontinuidades, rechupes o cráteres, se procederá a reparar el defecto visual con la ayuda del esmerilado.

g. Esmerilado de y cráteres de soldadura: Esta operación es realizado por el soldador ejecutante y es muy importante porque permite eliminar defectos y discontinuidades de soldadura mediante el método de esmerilado usando discos abrasivos de corte y desbaste acoplados en la maquina amoladora según sea el caso con la finalidad de garantizar la correcta fusión entre las aplicaciones de soldadura que continúan.

h. Aplicación de soldadura de relleno: Se denomina soldadura de relleno a partir de la segunda aplicación de soldadura en la junta hasta “N” número de pases según lo requiera el

diseño de junta y espesor de material base. De igual manera, en esta operación se reflejará la experiencia de soldador al momento de realizar la inspección visual.

i. Retiro de escoria: Esta operación se repetirá después de cada aplicación de soldadura y siempre será importante porque permitirá una correcta inspección visual de las mismas realizado por el soldador ejecutante.

j. Inspeccionar relleno: Esta inspección consiste en la verificación visual de la correcta aplicación de la soldadura en los pases de relleno, de encontrarse defectos tales como porosidades, discontinuidades, rechupes o cráteres, se procederá a reparar el defecto visual con la ayuda del esmerilado.

k. Esmerilar cráteres: Esta operación consiste en retirar el material conocida como cráter de soldadura por la apariencia visual de un cráter lunar que posee dicha zona formada en la terminación de la aplicación de soldadura. Esta operación permitirá el correcto empalme de la aplicación de soldadura siguiente.

l. Aplicación de soldadura de presentación: La soldadura de presentación se denomina a los últimos pases los cuales quedarán visibles y su aceptación estarán sujetas al criterio mínimo de aceptación según Norma, especificación técnica o estándar internacional con la cual se aprobó el WPS (ver anexo 22).

ll. Retiro de escoria: Esta operación es realizado por el soldador ejecutante y al igual que las anteriores operaciones iguales sirve para descubrir la presentación de la última aplicación de soldadura mediante el método de escobillado acoplado a una maquina amoladora.

m. Limpieza mecánica: Esta operación es complementaria al proceso de soldadura debido a que la aceptación mínima visual de la junta soldada contempla la limpieza de escoria y libre de partículas de soldadura proyectadas sobre el material base por lo tanto aquí se combinan la operación de retiro de escoria más la operación de esmerilado de partículas proyectadas.

n. Codificación de junta soldada. – Esta operación debe realizarlo el soldador ejecutante y consiste en escribir con marcador metálico a un costado de la junta de soldada la estampa o

código asignado del mismo soldador, la misma que servirá para la identificación, registro de control de calidad, ensayo no destructivo y la trazabilidad de las juntas.

ñ. Ensayo no destructivo: Según la Sociedad Americana de Ensayos No destructivos, existen diferentes metodos de ensayos no destructivos tales como la aplicación de partículas magnéticas, radiografía industrial, aplicación de líquidos penetrantes y para este caso se aplica el uso de ultrasonido industrial convencional mediante el equipo especial de inspección el cual será operado por el inspector designado quien interpretará los indicadores que emita el equipo determinando la correcta aplicación y fusión de materiales desde el pase de raíz y entre pases de relleno considerando el espesor de la plancha que se inspecciona y que en este caso es de 22mm.

Si el ensayo por ultrasonido arroja resultados positivos se procederá a considerar la junta como: junta OK, e inmediatamente se procederá a entregar la junta soldada. De no cumplirse dichas exigencias por el ensayo no destructivo, esta procederá a considerarse como: junta NO OK e inmediatamente se programará para su reproceso.

o. Esmerilar defectos en reproceso: Si la junta de soldadura inspeccionada no cumple con los requisitos mínimos de aceptación, a partir de este momento el producto se considera en re proceso. Esto conllevará a una reparación el cual no se considerará para el presente estudio, sin embargo en necesario ser mencionado en el diagrama de operaciones de procesos debido a que forma parte del esquema de operaciones actual y su descripción es que: la zona encontrada como defectuosa se procederá a ser removido por método de esmerilado o torchado hasta encontrar el defecto nuevamente pasar por las operaciones mencionadas anteriormente hasta subsanar el defecto, luego se procederá a re-inspeccionar mediante el mismo método de ensayo no destructivo hasta descartar el defecto y determinar cómo junta de soldadura OK. Solo se puede re-procesar hasta 3 veces luego se considerará como producto desechado.

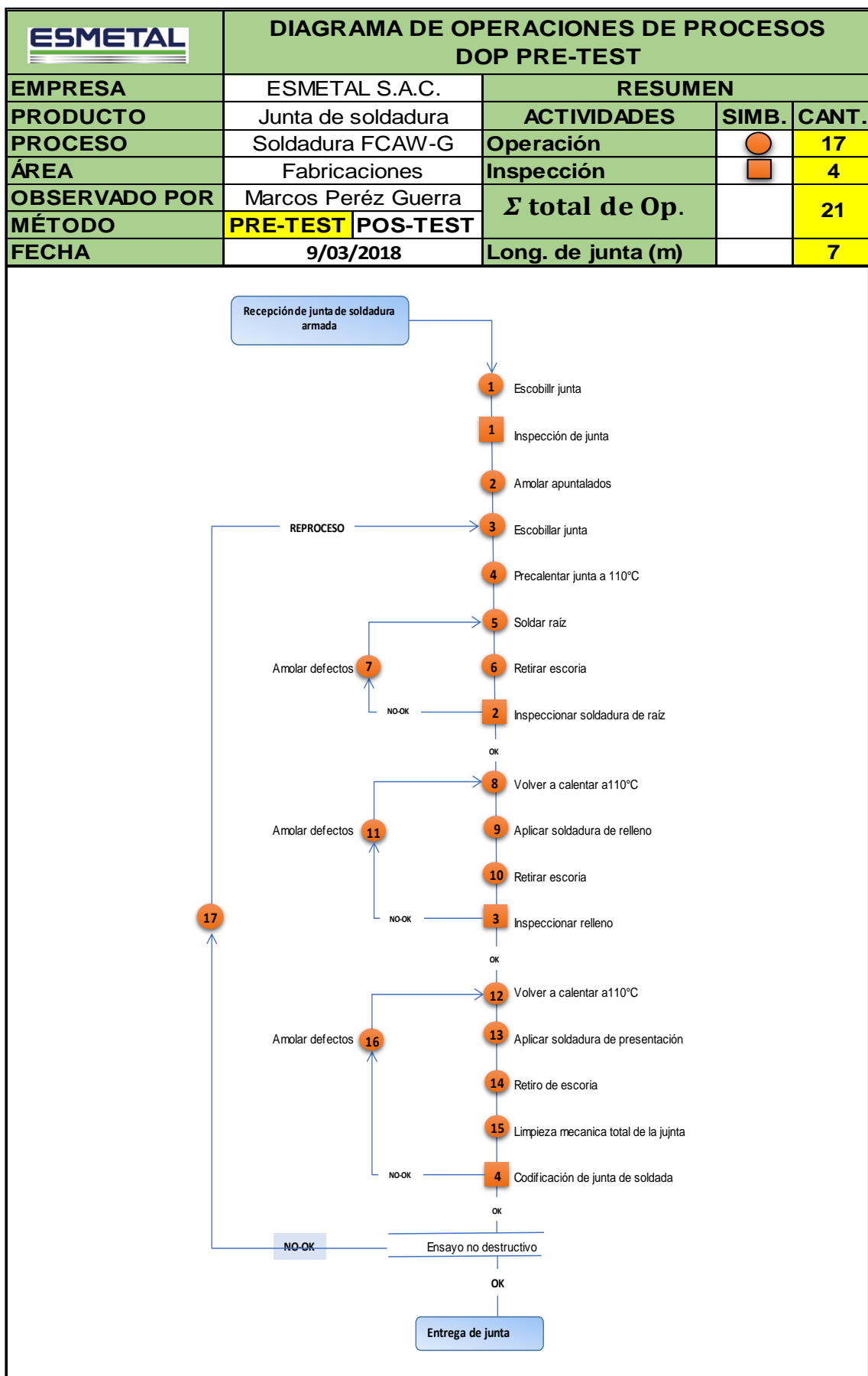


Tabla 17: Diagrama de operaciones de procesos pre test.
Fuente: Elaboración propia.

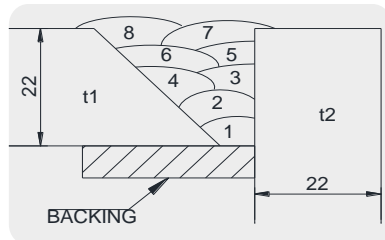
| ESMETAL | | | | DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO PRE-TEST | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------------------------|----------|----------|--|-------|----------|---|---|-------------------------------|-----|---------------|-------|------------------------------|------------------------------------|
| | | | | RESUMEN | | | | | GRÁFICO DE JUNTA DE SOLDADURA | | | | | |
| | | | | ACTIVIDADES | SIMB. | CANTIDAD | |  | | | | | | |
| | | | | Operación | ● | 191 | | | | | | | | |
| | | | | Inspección | ■ | 5 | | | | | | | | |
| | | | | Demora | ⬮ | 78 | | | | | | | | |
| | | | | Transporte | ➡ | 0 | | | | | | | | |
| | | | | Almacenamiento | ▲ | 1 | | | | | | | | |
| PRODUCTO | Junta de soldadura | | | Total de movimientos | | 275 | | | | | | | | |
| PROCESO | Soldadura | | | Tiempo total de AAV (min) | | 509.09 | | | | | | | | |
| ÁREA | Fabricaciones | | | Longitud de junta (m) | | 7 | | | | | | | | |
| OBSERVADO POR | Marcos Pérez Guerra | | | | | | | | | | | | | |
| MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | 16/03/2018 | | | | | | | | | | | | | |
| N° | DESCRIPCION DE ACTIVIDADES | Veces | T. (MIN) | SIMBOLOGÍA DE ACTIVIDADES | | | | | AAV | | T. ACT. VALOR | | OBSERVACIONES | $X = \frac{Aav}{Tta} \times 100\%$ |
| | | | | ● | ➡ | ⬮ | ■ | ▲ | Si | No | SI | NO | | |
| 1 | Escobillado de junta de soldadura | 1 | 3.05 | ● | | | | | | 1 | | 3.05 | Uso de amoladora | |
| 2 | Inspección de junta | 1 | 1.05 | | | | ■ | | | 1 | | 1.05 | Revisar correcto armado | |
| 3 | Amolar apuntalados de armado | 14 | 4.50 | ● | | | | | | 14 | | 4.50 | Retiro de punto SMAW | |
| 4 | Escobillado de junta de soldadura | 2 | 4.02 | ● | | | | | 2 | | 4.02 | | Retiro de impurezas | 0.7% |
| 5 | Calibrar amperaje de máquina | 1 | 0.25 | | | | ■ | | | 1 | | 0.25 | | |
| 6 | Precaletamiento de junta a 110°C | 11 | 16.45 | ● | | | | | 11 | | 16.45 | | Indicado en WPS | 4% |
| 7 | Aplicar soldadura de raíz | 11 | 26.35 | ● | | | | | 11 | | 26.35 | | 1era pase de soldadura | 9% |
| 8 | Retiro de escoria | 11 | 3.96 | | | | ■ | | | 11 | | 3.96 | Necesario para nuevo pase | |
| 9 | Amolar rechupes y cráteres | 10 | 1.21 | ● | | | | | | 10 | | 1.21 | | |
| 10 | Inspeccionar soldadura de raiz | 1 | 3.50 | | | | | ■ | 1 | | 3.50 | | | 0% |
| 11 | Calibrar amperaje de máquina | 1 | 0.25 | | | | ■ | | | 1 | | 0.25 | | |
| 12 | Volver a calentar a110°C | 24 | 53.50 | ● | | | | | 24 | | 53.50 | | Calentado por segmento | 9% |
| 13 | Aplicar soldadura de relleno | 48 | 277.05 | ● | | | | | 48 | | 277.05 | | Del 3° hasta el 8° pase | 17% |
| 14 | Retirar escoria | 48 | 23.76 | | | | ■ | | | 48 | | 23.76 | Necesario para nuevos pases | |
| 15 | Amolar rechupes y crateres | 48 | 3.25 | ● | | | | | | 48 | | 3.25 | | |
| 16 | Inspeccion de soldadura de relleno | 1 | 1.33 | | | | | ■ | 1 | | 1.33 | | | 0% |
| 17 | Volver a calentar a110°C | 4 | 6.48 | ● | | | | | 4 | | 6.48 | | 2 últimos pases | 1% |
| 18 | Aplicar soldadura de presentación | 17 | 120.41 | ● | | | | | 17 | | 120.41 | | | |
| 19 | Retiro de escoria | 17 | 6.12 | | | | ■ | | | 17 | | 6.12 | | |
| 20 | Limpieza mecanica total de la junta | 1 | 8.18 | ● | | | | | | 1 | | 8.18 | Retiro de particulas pegadas | |
| 21 | Codificación de junta de soldada | 1 | 3.20 | | | | | ■ | | 1 | | 3.20 | Realizado por soldador | |
| 22 | Ensayo no destructivo | 1 | - | | | | | ■ | | 1 | | | Realizado por inspector | |
| 23 | Liberación y entrega de junta soldada | 1 | - | | | | | ▲ | | 1 | | | | |
| Total | | 275 | 567.87 | 191 | 0 | 78 | 5 | 1 | 119 | 156 | 509.09 | 58.78 | | 42% |

Tabla 18: Diagrama de análisis de proceso. Pre-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.3.1.2. Diagrama de análisis de proceso pre-test.

Tal como se aprecia en la tabla 18 del diagrama de análisis de proceso, se muestra que la cantidad de actividades realizadas para llevar a cabo el proceso de soldadura que se aplica en las juntas de las vigas cajón es un total de 23 actividades, sin embargo para el cálculo de los indicadores que agregan valor, se está considerando las veces que se repite dichas actividades por lo que en su conjunto hacen posible la culminación efectiva del proceso, en ese sentido se considera que son 257 actividades realizadas de las cuales solo 119 son las que agregan valor al proceso y 156 las actividades que no agregan valor al proceso.

De acuerdo con la fórmula establecida en la Matriz de Operacionalización de Variables, se ha determinado que el cociente de las actividades que agregan valor entre el total de actividades multiplicado por el cien por ciento, da como resultado el índice de actividades que agregan valor, cifra que da a entender una razón aritmética que en esta investigación se usará como el indicador del estudio de métodos tal como se aprecia en el siguiente ejemplo:

$$AAV = \frac{48}{275} \times 100 = 9\%$$

Tal como se muestra líneas arriba, el resultado de 9% es el índice de valor aportado a todo el proceso en estudio respecto a la operación de precalentamiento del material base, esto es igual decir que 48 veces que se calienta el material base a una temperatura promedio de 110°C en una longitud de 7 metros compartido en 11 segmentos dividido entre 275 otras actividades y multiplicado por 100% resulta en un 9% de efectividad sobre el proceso de soldadura aplicado sobre la junta armada que une una de las esquinas de la viga cajón.

2.7.3.1.3. Pre-test del índice de actividades de agregan valor.

Según el diagrama de análisis de proceso, el total de porcentajes de actividades que agregan valor a todo el proceso es de 42% en el primer día de evaluación, sin embargo, en esta investigación se tomó datos de 25 días de trabajo tal como se muestra en la tabla siguiente 19 en Dónde la cantidad de operaciones ha ido variando por día de acuerdo a la cantidad de operaciones o veces repetidas de las mismas. La intención de esta parte de la investigación es identificar el índice para poder ponerlos en control y luego reducir las actividades que no agregan valor para así mejorar el índice de actividades que si agregan valor.


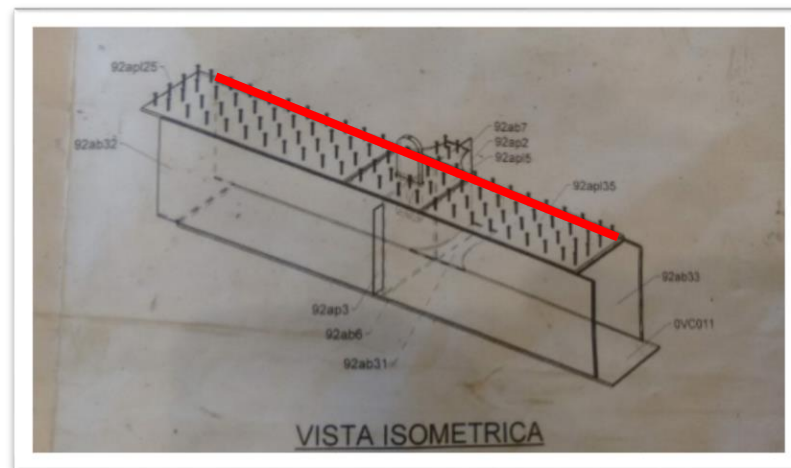
|  | | Índice de actividades que agregan valor. AAV PRE-TEST | | |
|---|-------------------------|--|------------------|---|
| Empresa | Esmetal S.A.C | Método | PRE-TEST | Fecha de inicio. 5/03/2018 |
| Observado por | Marcos Pérez | Proceso | Soldadura FCAW-G | Fecha de termino: 10/04/2018 |
| N° Días | Cantidad de actividades | Actividades que agregan valor | | Índice de operaciones que agregan valor |
| | | SI | NO | $X = \frac{Aav}{Ta} \times 100\%$ |
| | | AAV | NO AAV | Índice |
| Día 1 | 257 | 119 | 138 | 46.30% |
| Día 2 | 249 | 124 | 125 | 49.80% |
| Día 3 | 253 | 118 | 135 | 46.64% |
| Día 4 | 263 | 122 | 141 | 46.39% |
| Día 5 | 260 | 115 | 145 | 44.23% |
| Día 6 | 247 | 122 | 125 | 49.39% |
| Día 7 | 243 | 121 | 122 | 49.79% |
| Día 8 | 256 | 118 | 138 | 46.09% |
| Día 9 | 257 | 118 | 139 | 45.91% |
| Día 10 | 234 | 123 | 111 | 52.56% |
| Día 11 | 265 | 122 | 143 | 46.04% |
| Día 12 | 263 | 121 | 142 | 46.01% |
| Día 13 | 239 | 120 | 119 | 50.21% |
| Día 14 | 253 | 126 | 127 | 49.80% |
| Día 15 | 252 | 117 | 135 | 46.43% |
| Día 16 | 262 | 115 | 147 | 43.89% |
| Día 17 | 266 | 113 | 153 | 42.48% |
| Día 18 | 234 | 125 | 109 | 53.42% |
| Día 19 | 256 | 124 | 132 | 48.44% |
| Día 20 | 253 | 122 | 131 | 48.22% |
| Día 21 | 268 | 119 | 149 | 44.40% |
| Día 22 | 266 | 123 | 143 | 46.24% |
| Día 23 | 247 | 117 | 130 | 47.37% |
| Día 24 | 253 | 127 | 126 | 50.20% |
| Día 25 | 247 | 115 | 132 | 46.56% |
| Promedio | 254 | 120 | 133 | 47.47% |

Tabla 19: Índice de actividades que agregan valor
Fuente: Elaboración propia.

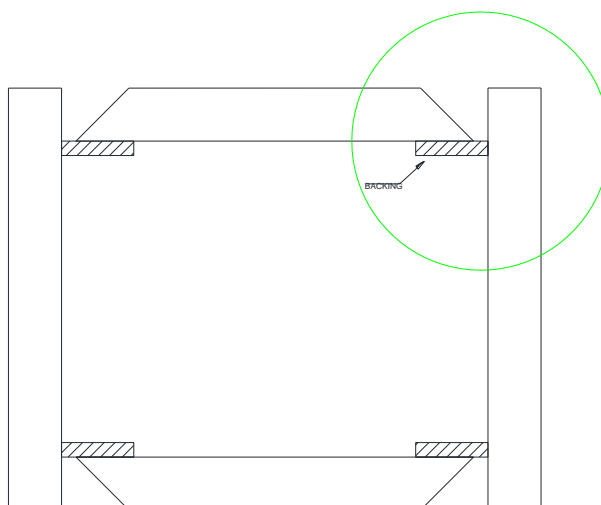
2.7.3.1.4. Pre test de tiempos efectivos en el proceso de soldadura.

En esta investigación los tiempos efectivos son considerados solamente de los tiempos en que se mantiene el arco de soldadura encendido en dónde la soldadura en estado líquido es depositada a la junta armada haciendo posible la fusión de materiales y la conformación de la unión soldada. Para mayor ilustración a continuación se detalla el origen y ubicación de la junta de soldadura representada por una línea roja.



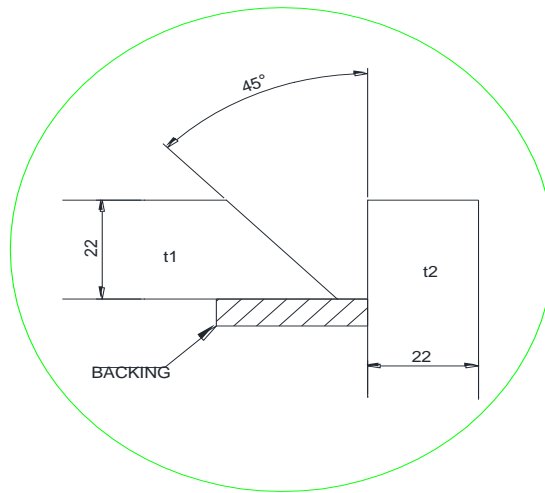
*Figura 34: Esquema de viga cajón vista isométrica.
Fuente: Esmetal.*

Es importante saber ubicarse y poder entender de qué parte específicamente estamos hablando por lo que se ilustra de la siguiente manera: la línea roja indicada sobre el esquema de la viga cajón dibujada en vista isométrica representa la ubicación de una de las esquinas que conforman la junta armadas de soldadura, así como su longitud total de 7 metros.



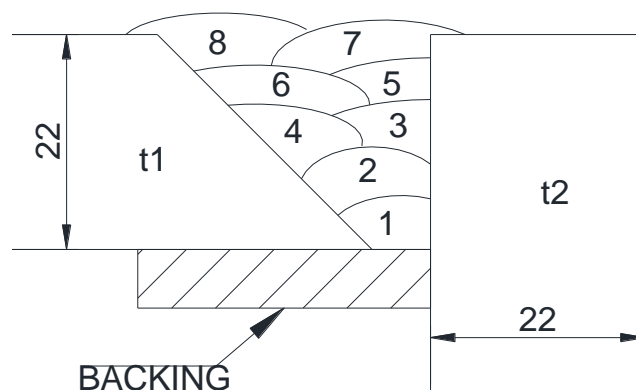
*Figura 35: Corte transversal de esquema de viga cajón.
Fuente: Elaboración propia.*

De la misma manera, la sección que encierra el círculo verde en el esquema de viga cajón vista perfil figura 35 representa la ubicación de una de las esquinas que conforman la junta armadas de soldadura que para mayor ilustración a continuación se detalla en el siguiente esquema.



*Figura 36: Detalle de junta armada de viga cajón en corte transversal.
Fuente: Elaboración propia.*

En el esquema de junta armada de viga en vista de detalle se puede apreciar que t1 y t2 son las planchas de acero o material base y contiene una acotación de 22 milímetros cada una, también se puede apreciar que el bisel realizado en t1 corresponde a una inclinación de 45° con respecto al eje vertical de t2, también se puede observar que existe una zona achurada debajo de t1 el cual corresponde a una platina de 6 milímetros de espesor por 30 milímetros de ancho que recorre por los 7 metros de longitud total cuya misión es de respaldar al pase de soldadura de raíz y así obtener una penetración completa entre los dos materiales t1 y t2. En el siguiente esquema se detalla la junta de soldadura llenada con los 8 pases de soldadura correspondientes, Dónde 1= pase de raíz; 2,3,4,5,6= pase de relleno y, 8 y 7 = pase de presentación.



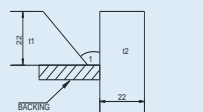
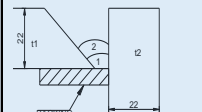
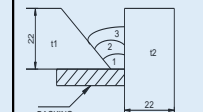
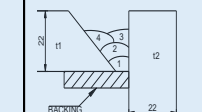
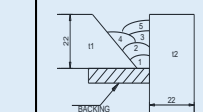
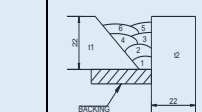
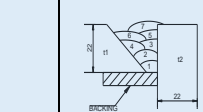
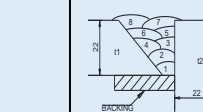
*Figura 37: Esquema de junta armada y soldada.
Fuente: Elaboración propia.*

Después de comprender mediante esquemas gráficos los que significa una junta de soldadura para la fabricación de vigas cajón, su detalle de bisel, grado de inclinación y cantidad de pases de soldadura es necesario proceder a registrar los tiempos de ejecución de soldadura de cada aplicación, así como las longitudes recorridas por cada segmento aplicado.

Tal como se muestra en la tabla 20 del estudio de tiempos efectivos tenemos nueve columnas importantes siendo la primera que indica soldadura en junta 1, esto quiere decir que el estudio se realizó en solo una de las juntas de soldaduras de las cuatro que conforman las viga cajón es por ello que en el cuadro que tenemos líneas abajo se representa la longitud de junta con una línea anaranjada en el esquema de la viga cajón, luego se tiene las filas que indican segmento 1, 2, 3, 4,5,6,7,8,9,10 y 11 , esto quiere decir que el tiempo tomado es tomado solo mientras el arco de soldadura se encuentra encendido, quiere decir que en pase de raíz hemos tenido once segmentos u once paradas ya sea por fatiga, longitud extensiva, posición ergonómica, parada voluntaria o involuntaria del operador.

También tenemos en las columnas contiguas los gráficos de como las deposiciones de soldadura van en aumento hasta rebasar el espesor de 22 milímetros de la plancha considerada para este estudio que es su totalidad son ocho pases de soldadura, así mismo tenemos debajo de cada gráfico la longitud efectiva expresada en metro y el tiempo transcurrido expresado en minutos para la longitud efectuada en el segmento indicado.

De esta manera es se obtiene un resumen líneas debajo de los tiempos transcurridos totales expresados en minutos y las longitudes efectuadas totales expresadas en metros de manera que esta información será examinada en las siguientes etapas de la Ingeniería de Métodos y a la vez es muy importante para determinar los tiempos estándar los cuales se estarán formulando en los cuadros siguientes.

| ESMETAL | | | | ESTUDIO DE TIEMPOS EFECTIVOS PRE-TEST | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|-----------|---|--|---|-----------|--|-----------|---|-----------|---|-----------|---|-----------|---|-----------|
| EMPRESA | ESMETAL S.A.C. | | OBJETO | JUNTA DE SOLDADURA | | FECHA | 10/04/2018 | | OBSERVADO POR | | MARCOS PÉREZ | | LONGITUD TOTAL (m) | | 56.00 | |
| ÁREA | FABRICACIONES | | PROCESO | SOLDADURA FCAW-G | | MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST | OPERARIO | | ES-495 | | T. EFEC. TOTAL (min) | | 423.81 | |
| SOLDADURA EN JUNTA 1 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| | PASE 1 (raíz) | | PASE 2 (relleno) | | PASE 3 (relleno) | | PASE 4 (relleno) | | PASE 5 (relleno) | | PASE 6 (relleno) | | PASE 7 (presentación) | | PASE 8 (presentación) | |
| | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) |
| Segmento 1 | 0.76 | 3.32 | 0.63 | 4.47 | 0.65 | 4.42 | 0.57 | 5.35 | 0.78 | 7.01 | 0.79 | 7.02 | 0.66 | 5.03 | 0.93 | 7.59 |
| Segmento 2 | 0.84 | 2.56 | 0.75 | 5.47 | 0.54 | 4.12 | 0.65 | 4.95 | 0.87 | 7.16 | 0.82 | 6.36 | 0.79 | 7.06 | 0.87 | 6.45 |
| Segmento 3 | 0.55 | 2.22 | 0.49 | 3.39 | 0.46 | 3.4 | 0.78 | 6.54 | 0.75 | 6.52 | 0.72 | 5.49 | 0.89 | 8.55 | 0.65 | 4.51 |
| Segmento 4 | 0.46 | 1.43 | 0.6 | 4.59 | 0.73 | 5.48 | 0.87 | 7.13 | 0.84 | 6.46 | 0.85 | 6.48 | 0.83 | 7.13 | 0.83 | 7.13 |
| Segmento 5 | 0.72 | 2.55 | 0.54 | 4.09 | 0.85 | 6.34 | 0.83 | 6.36 | 0.82 | 6.36 | 0.78 | 7.1 | 0.86 | 6.55 | 0.95 | 7.54 |
| Segmento 6 | 0.85 | 3.3 | 0.82 | 6.07 | 0.55 | 4.55 | 0.79 | 6.59 | 0.79 | 7.06 | 0.79 | 7.6 | 0.93 | 7.59 | 0.92 | 7.13 |
| Segmento 7 | 0.84 | 3.36 | 0.77 | 5.43 | 0.52 | 4.46 | 0.97 | 7.15 | 0.73 | 5.5 | 0.75 | 6.52 | 0.83 | 7.13 | 0.89 | 8.55 |
| Segmento 8 | 0.52 | 2 | 0.75 | 5.34 | 0.98 | 7.15 | 0.76 | 6.53 | 0.77 | 6.35 | 0.83 | 6.36 | 0.55 | 6.55 | 0.96 | 8.33 |
| Segmento 9 | 0.75 | 3.7 | 0.79 | 5.47 | 0.84 | 6.3 | 0.78 | 6.55 | 0.65 | 4.51 | 0.67 | 6.52 | 0.66 | 7.59 | - | - |
| Segmento 10 | 0.43 | 1.34 | 0.35 | 2.36 | 0.88 | 7.1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Segmento 11 | 0.28 | 0.57 | 0.51 | 3.52 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL | 7 | 26.35 | 7 | 50.2 | 7 | 53.32 | 7 | 57.15 | 7 | 56.93 | 7 | 59.45 | 7 | 63.18 | 7 | 57.23 |

| Resumen de tiempos | | | |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| Tiempo por pases en minutos | | | $\sum T_n(\text{min})$ |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentación | |
| 26.35 | 277.05 | 120.41 | |

| Resumen de longitudes | | | |
|--|-----------------|----------------------|------------------|
| Longitud recorrida por pases en metros | | | $\sum Long. (m)$ |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentación | |
| 7 | 35 | 14 | |

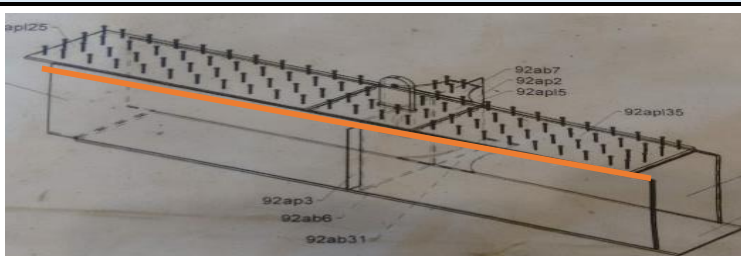
| | | | |
|---|-------------|-------------|---|
| CÓDIGO DE ELEMENTO | PJ2-0VC0012 | N° DE JUNTA | 1 |
| GRÁFICO DE UBICACIÓN DE JUNTA EN ELEMENTO | | | |
|  | | | |

Tabla 20: Tiempos efectivos pre-test de.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.3.1.5. Pre-test del tiempo estándar del proceso de soldadura.

| ESMETAL | | | Estudio de tiempo estándar Pre-test. | | | | | | |
|---|---------------|----------------------|--------------------------------------|------------------|----------|-------------------|------------------|------------|-----------------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | | Método: | PRE-TEST | POS-TEST | | Fecha de inicio: | 5/03/2018 | |
| Observado por: | Marcos Pérez | | Proceso: | Soldadura FCAW-G | | Fecha de termino: | | 10/04/2018 | |
| N° Días | Tiempo normal | Factor de Valoración | Suplementos | | | | | ΣS | Tiempo estándar (min) |
| | | | Np | Fb | Di | Pi | Evf | | |
| | | | 5% | 4% | 1% | 10% | 2% | 22% | $Ts = Tn(1 + S)$ |
| Día 1 | 422 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 515 |
| Día 2 | 422 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 515 |
| Día 3 | 426 | 1 | 21 | 17 | 4 | 43 | 9 | 94 | 519 |
| Día 4 | 430 | 1 | 22 | 17 | 4 | 43 | 9 | 95 | 525 |
| Día 5 | 421 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 514 |
| Día 6 | 429 | 1 | 21 | 17 | 4 | 43 | 9 | 94 | 523 |
| Día 7 | 436 | 1 | 22 | 17 | 4 | 44 | 9 | 96 | 531 |
| Día 8 | 420 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 92 | 512 |
| Día 9 | 423 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 516 |
| Día 10 | 426 | 1 | 21 | 17 | 4 | 43 | 9 | 94 | 520 |
| Día 11 | 428 | 1 | 21 | 17 | 4 | 43 | 9 | 94 | 522 |
| Día 12 | 424 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 517 |
| Día 13 | 422 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 515 |
| Día 14 | 422 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 515 |
| Día 15 | 426 | 1 | 21 | 17 | 4 | 43 | 9 | 94 | 519 |
| Día 16 | 427 | 1 | 21 | 17 | 4 | 43 | 9 | 94 | 521 |
| Día 17 | 427 | 1 | 21 | 17 | 4 | 43 | 9 | 94 | 521 |
| Día 18 | 432 | 1 | 22 | 17 | 4 | 43 | 9 | 95 | 527 |
| Día 19 | 435 | 1 | 22 | 17 | 4 | 44 | 9 | 96 | 531 |
| Día 20 | 420 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 92 | 512 |
| Día 21 | 417 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 92 | 509 |
| Día 22 | 413 | 1 | 21 | 17 | 4 | 41 | 8 | 91 | 503 |
| Día 23 | 415 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 91 | 506 |
| Día 24 | 415 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 91 | 507 |
| Día 25 | 417 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 92 | 509 |
| Promedios | 424 | 1 | 21 | 17 | 4 | 42 | 8 | 93 | 517 |
| * Np=Nesecidades personales / Fb=Fatiga Basica / Di=Demora inevitable / Pi=Postura Incomoda / Evf=Esfuerzo visual fino / S = Suplementos | | | | | | | | | |

Tabla 21: Tiempo estándar pre-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.3.1.6. Pre test de la eficiencia en el proceso de soldadura.


|  | | Estudio de Eficiencia pre-test. | | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| Empresa | Esmetal S.A.C | Método | PRE-TEST | POS-TEST | Fecha de inicio. | 5/03/2018 |
| Analista | Marcos Pérez | Proceso | Soldadura FCAW-G | | Fecha de termino: | 10/04/2018 |
| N° Días | Cantidad de juntas soldadas | Tiempo Programado por día (min) | Tiempo efectivo (min) | Tiempo no efectivo (min) | Eficiencia (%) | Tiempo estándar (min) |
| | | | | | $Eficiencia = \frac{Te}{Te + Tne} \times 100\%$ | $Ts = Tn(1 + S)$ |
| Día 1 | 1 | 600.00 | 421.92 | 178.08 | 70.32% | 515 |
| Día 2 | 1 | 600.00 | 422.38 | 177.62 | 70.40% | 515 |
| Día 3 | 1 | 600.00 | 425.65 | 174.35 | 70.94% | 519 |
| Día 4 | 1 | 600.00 | 430.25 | 169.75 | 71.71% | 525 |
| Día 5 | 1 | 600.00 | 421.35 | 178.65 | 70.23% | 514 |
| Día 6 | 1 | 600.00 | 428.63 | 171.37 | 71.44% | 523 |
| Día 7 | 1 | 600.00 | 435.65 | 164.35 | 72.61% | 531 |
| Día 8 | 1 | 600.00 | 419.78 | 180.22 | 69.96% | 512 |
| Día 9 | 1 | 600.00 | 422.89 | 177.11 | 70.48% | 516 |
| Día 10 | 1 | 600.00 | 425.99 | 174.01 | 71.00% | 520 |
| Día 11 | 1 | 600.00 | 428.23 | 171.77 | 71.37% | 522 |
| Día 12 | 1 | 600.00 | 423.78 | 176.22 | 70.63% | 517 |
| Día 13 | 1 | 600.00 | 422.15 | 177.85 | 70.36% | 515 |
| Día 14 | 1 | 600.00 | 421.95 | 178.05 | 70.33% | 515 |
| Día 15 | 1 | 600.00 | 425.75 | 174.25 | 70.96% | 519 |
| Día 16 | 1 | 600.00 | 427.19 | 172.81 | 71.20% | 521 |
| Día 17 | 1 | 600.00 | 427.15 | 172.85 | 71.19% | 521 |
| Día 18 | 1 | 600.00 | 432.14 | 167.86 | 72.02% | 527 |
| Día 19 | 1 | 600.00 | 435.18 | 164.82 | 72.53% | 531 |
| Día 20 | 1 | 600.00 | 419.56 | 180.44 | 69.93% | 512 |
| Día 21 | 1 | 600.00 | 417.34 | 182.66 | 69.56% | 509 |
| Día 22 | 1 | 600.00 | 412.52 | 187.48 | 68.75% | 503 |
| Día 23 | 1 | 600.00 | 415.12 | 184.88 | 69.19% | 506 |
| Día 24 | 1 | 600.00 | 415.43 | 184.57 | 69.24% | 507 |
| Día 25 | 1 | 600.00 | 417.23 | 182.77 | 69.54% | 509 |
| Promedios | 1 | 600.00 | 423.81 | 176.19 | 70.63% | 517 |
| **Te=Tiempo efectivo / Tno=Tiempo no efectivo. | | | | | | |

Tabla 22: Pre-test de la eficiencia en la soldadura de vigas cajón.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.3.1.7. Pre test de la eficacia en el proceso de soldadura.


|  | | Estudio de la Eficacia pre-test. | | | | |
|---|---|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | Método : | PRE-TEST | POS-TEST | Fecha de inicio. | 5/03/2018 |
| Analista: | Marcos Pérez | Proceso: | Soldadura FCAW-G | | Fecha de termino: | 10/04/2018 |
| N° Días | Longitud de Juntas de Soldadura por día (m) | | | | Eficacia % | % Reprocesos |
| | Programadas | Realizado | Aceptadas por END (ultrasonido) (m) | Rechazadas por END (ultrasonido) (m) | $Eficacia = \frac{Lsa}{Lsp} \times 100\%$ | |
| Día 1 | 7 | 7 | 2.35 | 4.65 | 34% | 66.4% |
| Día 2 | 7 | 7 | 4.55 | 2.45 | 65% | 35.0% |
| Día 3 | 7 | 7 | 6.55 | 0.45 | 94% | 6.4% |
| Día 4 | 7 | 7 | 6.45 | 0.55 | 92% | 7.9% |
| Día 5 | 7 | 7 | 6.1 | 0.9 | 87% | 12.9% |
| Día 6 | 7 | 7 | 5.5 | 1.5 | 79% | 21.4% |
| Día 7 | 7 | 7 | 3.45 | 3.55 | 49% | 50.7% |
| Día 8 | 7 | 7 | 1.25 | 5.75 | 18% | 82.1% |
| Día 9 | 7 | 7 | 1.8 | 5.2 | 26% | 74.3% |
| Día 10 | 7 | 7 | 2.45 | 4.55 | 35% | 65.0% |
| Día 11 | 7 | 7 | 3.45 | 3.55 | 49% | 50.7% |
| Día 12 | 7 | 7 | 1.5 | 5.5 | 21% | 78.6% |
| Día 13 | 7 | 7 | 4.5 | 2.5 | 64% | 35.7% |
| Día 14 | 7 | 7 | 5.44 | 1.56 | 78% | 22.3% |
| Día 15 | 7 | 7 | 6.4 | 0.6 | 91% | 8.6% |
| Día 16 | 7 | 7 | 4.45 | 2.55 | 64% | 36.4% |
| Día 17 | 7 | 7 | 4.1 | 2.9 | 59% | 41.4% |
| Día 18 | 7 | 7 | 2.5 | 4.5 | 36% | 64.3% |
| Día 19 | 7 | 7 | 2 | 5 | 29% | 71.4% |
| Día 20 | 7 | 7 | 3.1 | 3.9 | 44% | 55.7% |
| Día 21 | 7 | 7 | 2.45 | 4.55 | 35% | 65.0% |
| Día 22 | 7 | 7 | 6.4 | 0.6 | 91% | 8.6% |
| Día 23 | 7 | 7 | 5.45 | 1.55 | 78% | 22.1% |
| Día 24 | 7 | 7 | 3.5 | 3.5 | 50% | 50.0% |
| Día 25 | 7 | 7 | 3.55 | 3.45 | 51% | 49.3% |
| Promedios | 7 | 7 | 3.97 | 3.03 | 57% | 43% |
| **Lsa=Longitud de soldadura aceptada / Lsp=Longitud de soldadura programada | | | | | | |

Tabla 23: Pre-test de la eficacia en el proceso de soldadura de las vigas cajón.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.3.1.8. Pre-test de Productividad en el proceso de soldadura.


|  | | Pre-test de productividad. | | | | |
|---|---------------|----------------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | Método: | PRE-TEST | POS-TEST | Fecha de inicio: | 5/03/2018 |
| Analista: | Marcos Pérez | Proceso: | Soldadura FCAW-G | | Fecha de termino: | 10/04/2018 |
| N° Días | Eficiencia % | Eficacia % | | Productividad % | | |
| Día 1 | 70% | 34% | | 24% | | |
| Día 2 | 70% | 65% | | 46% | | |
| Día 3 | 71% | 94% | | 66% | | |
| Día 4 | 72% | 92% | | 66% | | |
| Día 5 | 70% | 87% | | 61% | | |
| Día 6 | 71% | 79% | | 56% | | |
| Día 7 | 73% | 49% | | 36% | | |
| Día 8 | 70% | 18% | | 12% | | |
| Día 9 | 70% | 26% | | 18% | | |
| Día 10 | 71% | 35% | | 25% | | |
| Día 11 | 71% | 49% | | 35% | | |
| Día 12 | 71% | 21% | | 15% | | |
| Día 13 | 70% | 64% | | 45% | | |
| Día 14 | 70% | 78% | | 55% | | |
| Día 15 | 71% | 91% | | 65% | | |
| Día 16 | 71% | 64% | | 45% | | |
| Día 17 | 71% | 59% | | 42% | | |
| Día 18 | 72% | 36% | | 26% | | |
| Día 19 | 73% | 29% | | 21% | | |
| Día 20 | 70% | 44% | | 31% | | |
| Día 21 | 70% | 35% | | 24% | | |
| Día 22 | 69% | 91% | | 63% | | |
| Día 23 | 69% | 78% | | 54% | | |
| Día 24 | 69% | 50% | | 35% | | |
| Día 25 | 70% | 51% | | 35% | | |
| Promedios | 70.63% | 57% | | 40.0% | | |

Tabla 24: Pre-test de productividad.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.4. Etapa 3 del desarrollo de propuesta.

Examinar.

En este apartado se desea exponer los resultados de toda la base pre-test de forma crítica y analizar el modo en que se realiza los trabajos, el lugar en que se realiza, la secuencia que se lleva a cabo y los métodos utilizados en el proceso tal como nos recomienda el libro de Introducción del Estudio del Trabajo de Kanawaty 1996, pag. 77 de manera que para el desarrollo de esta etapa se ira desglosando en secuencia cada base de datos del pre-test.

2.7.4.1. Examinamos DOP pre-test.

Tal como se muestra en la tabla 17, el diagrama de operaciones de proceso es el primer pre-test realizado para dar inicio a la base pre test y pese a que las operaciones ya están explicadas en el apartado 2.7.3.1. indicando 17 operaciones y cuatro inspecciones haciendo un total de 21 operaciones, en esta etapa del desarrollo de la propuesta se pretende dar a esa explicación el enfoque de mejora de la siguiente manera no sin antes primero mencionar los límites de este pre-test que está determinado desde las operaciones previas inicio del encendido del arco de soldadura, quiere decir desde las preparaciones antes de ejecutar la aplicación de soldadura sobre el material base hasta la entrega de la junta soldada aceptada como ok por el área de calidad, además se debe considerar que todas las juntas de soldadura en toda la base pre test son de 7.00 metros de longitud en un espesor de plancha de 22 milímetros, La observación realizada está basada en estos límites.




|  | DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESOS DOP PRE-TEST | | | |
|---|---|----------|--------------------|--|
| EMPRESA | ESMETAL S.A.C. | | RESUMEN | |
| PRODUCTO | Junta de soldadura | | ACTIVIDADES | SIMB. CANT. |
| PROCESO | Soldadura FCAW-G | | Operación |  17 |
| ÁREA | Fabricaciones | | Inspección |  4 |
| OBSERVADO POR | Marcos Pérez Guerra | | Σ total de Op. | 21 |
| MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST | | |
| FECHA | 9/03/2018 | | Long. de junta (m) | 7 |

Tabla 17: Diagrama de operaciones de proceso pre-test.
Fuente: Elaboración propia.

a.- Escobillado de junta.

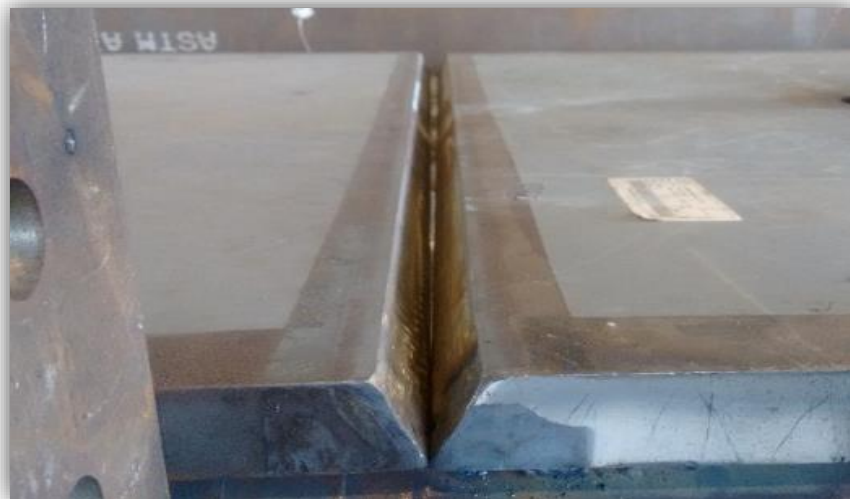
Esta operación es importante porque permite preparar la zona de soldadura para seguidamente realizar una correcta y efectiva inspección inicial, en esta operación se eliminan, residuos metálicos, óxidos, escoria de los puntos de soldadura, grasas e impurezas mediante el uso de escobillas circular acoplado a una maquina amoladora. De no realizar esta operación se corre el riesgo de que la deposición de soldadura en el pase de raíz incluya escoria o impurezas imposibles de ser fundidas por la soldadura ya que se trata de materiales refractarios fuertemente adheridas en los puntos de soldadura de procesos SMAW E-7018 usados para el armado de la viga cajón además de óxidos o rutilos impregnados en el material base que puedan causar la falta de fusión del material aporte con el material base.



*Figura 38: Junta de soldadura armada pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

b.- Inspección inicial.

En esta operación el mismo soldador se convierte en su propio control de calidad ya que consiste en revisar minuciosamente que la junta de soldadura se encuentre correctamente armada y cada uno de los puntos de soldadura se encuentren correctamente aplicados y limpios, solo de esta manera se puede asegurar que la soldadura de pase de raíz no presente indicaciones sepultadas las cuales solo se podrán observar con el ensayo no destructivo realizado en la inspección por el área de calidad.

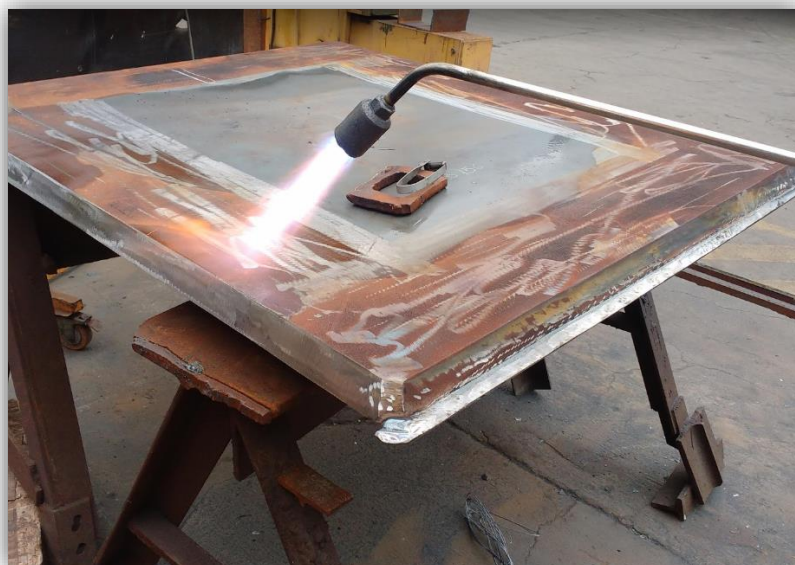


*Tabla 39: Fabricación inadecuada de junta soldadura pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

c.- Precalentamiento de la junta.

El precalentamiento está considerado dentro de las operaciones del proceso de soldadura siempre y cuando así lo establezca en el WPS (ver figura 17) para este caso, si se mantendrá una temperatura nominal de precalentamiento de 65 C° dado que el espesor del material base t_1 y t_2 , (ver figura 20) es mayor a 20mm.

Esta operación nos asegura una vez más que no tengamos presencia de desviaciones al momento de inspeccionar por ultrasonido ya que de esta manera se asegura la correcta adherencia entre material base y material aporte logrando una correcta fusión metalográfica entre sí.



*Figura 40: Pre calentamiento de material base.
Fuente: Elaboración propia.*

d.- Aplicación de soldadura de raíz.

Asegurar el pase de soldadura de raíz es tan crítico e indispensable como el costo total que se genera al realizar esta operación en este diseño de junta y más aún si estará sujeta a evaluación mediante ensayos no destructivos, esta aplicación se caracteriza por tener la fusión total entre los tres elementos que componen dicha junta los cuales son t_1 + respaldo metálico + t_2 . En esta operación requiere toda la experiencia del soldador porque esta es la parte crítica de una junta de soldadura ya que de no respetar los parámetros establecidos en el procedimiento WPS se pueden generar microfisuras, falta de fusión o alguna otra desviación en la soldadura con el material base que representa no solo falta de productividad sino también un incremento económico del 200% del costo inicial para su reparación. Asegurar este pase de raíz es vitalmente importante.



*Figura 41: Operación de soldadura pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

e.- Retiro de escoria.

Esta operación es importante para cada culminación de soldadura ya que nos permitirá realizar una inspección visual fehaciente, eficiente y está considerada en este proceso porque lo realiza el mismo soldador ejecutante mediante el método de limpieza mecánica con disco de esmeril, escobilla circular o combinando ambas una después de la otra. La escoria es un material refractario formado en la superficie del metal de soldadura por los mismos componentes

químico del material de aporte (AWS-E-71-T1 ver anexo 24). Esta escoria ayuda en la protección y formación del metal mientras se encuentre en estado líquido y aportan propiedades mecánicas al material de soldadura. Después de solidificarse y pasar a estado sólido esta escoria procede a ser retirada y desechada para una nueva aplicación si se trata de rellenos de soldadura o pases de presentación.

f.- Inspección de pase de raíz.

Esta inspección consiste en la verificación visual de la correcta aplicación de la soldadura en el primer pase de raíz realizado por el mismo soldador ejecutante, de encontrarse discontinuidades tales como porosidades, grietas, cráteres o falta de fusión tal como se observa en la figura 42, se procederá a reparar el defecto con la ayuda del esmerilado.



*Figura 42: Falta de fusión de soldadura adyacente a material base. Pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

g.- Esmerilado de rechupes y cráteres de soldadura.

Esta operación es realizada por el soldador ejecutante y es muy importante porque permite eliminar defectos y discontinuidades de soldadura mediante el método de esmerilado usando discos abrasivos de corte y desbaste acoplados en la maquina amoladora según sea el caso con la finalidad de garantizar la correcta fusión entre las aplicaciones de soldadura que continúan.



*Figura 43: Esmerilados de cráteres en empalmes de soldadura.
Fuente: Elaboración propia.*

h.- Aplicación de soldadura de relleno.

Se denomina soldadura de relleno a partir de la segunda aplicación de soldadura en la junta hasta “N” número de pases según lo requiera el diseño de junta y espesor de material base. De igual manera, en esta operación se reflejará la experiencia de soldador al momento de realizar la inspección visual.

i.- Inspeccionar relleno.

Esta inspección consiste en la verificación visual de la correcta aplicación de la soldadura en los pases de relleno, de encontrarse discontinuidades tales como porosidades, falta de fusión, rechupes o cráteres, se procederá a reparar el defecto visual con la ayuda del esmerilado.

j.- Esmerilar cráteres.

Esta operación consiste en retirar el material conocida como cráter de soldadura por la apariencia visual de un cráter volcánico o lunar que posee dicha zona formada en la terminación de la aplicación de soldadura. Esta operación permitirá el correcto empalme de la aplicación de soldadura siguiente.

k.- Aplicación de soldadura de presentación.

La soldadura de presentación se denomina a los últimos pases los cuales quedarán visibles y su aceptación estarán sujetas al criterio mínimo de aceptación según código aplicado, especificación técnica o estándar internacional con la cual se aprobó el WPS (ver figura 17).

l.- Limpieza mecánica.

Esta operación es complementaria al proceso de soldadura debido a que la aceptación mínima visual de la junta soldada contempla la limpieza de escoria y libre de partículas de soldadura proyectadas sobre el material base por lo tanto aquí se combinan la operación de retiro de escoria más la operación de esmerilado de partículas proyectadas.

m.- Codificación de junta soldada.

Esta operación debe realizarlo el soldador ejecutante y consiste en escribir con marcador metálico a un costado de la junta de soldada la estampa o código asignado del mismo soldador, la misma que servirá para la identificación, registro de control de calidad, ensayo no destructivo y la trazabilidad de las juntas.

n.- Ensayo no destructivo.

Si el ensayo por ultrasonido arroja resultados positivos se procederá a considerar la junta como: junta OK, e inmediatamente se procederá a entregar la junta soldada. De no cumplirse dichas exigencias por el ensayo no destructivo, esta procederá a considerarse como: junta NO OK e inmediatamente se programará para su reproceso.



*Figura 44: Control visual por el área de calidad.
Fuente: Elaboración propia.*

ñ.- Esmerilar defectos en reproceso.

Si la junta de soldadura inspeccionada no cumple con los requisitos mínimos de aceptación en la inspección visual tal como se observa en la figura 45, a partir de este momento el producto se considera en reproceso. Esto conllevará a una reparación el cual no se considerará para el presente estudio, sin embargo es necesario ser mencionado en el diagrama de operaciones de procesos debido a que forma parte del esquema de operaciones actual y su descripción es que: la zona encontrada como discontinua o defectuosa se procederá a ser removido por método de esmerilado hasta deshacer la discontinuidad y nuevamente pasar por las operaciones mencionadas anteriormente hasta subsanar el defecto, luego se procederá a re-inspeccionar mediante el mismo método de ensayo no destructivo con el propósito de garantizar una junta de soldadura que cumpla con la conformidad de los códigos usados para este proyecto y la conformidad (OK) total del área de calidad. De no cumplir (NO OK) Esta junta de soldadura pasa a ser reprocesado por dos veces más y si aun así no cumple este elemento se determina como desechado para el proyecto.



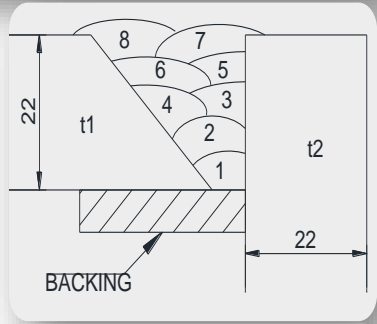





*Figura 45: Pase de presentación rechazado por el área de calidad.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.4.2. Examinamos DAP pre-test.

Para realizar la examinación crítica del Diagrama de Análisis de Procesos, primero tenemos que reconocer varios factores importantes que intervienen en este análisis, los cuales se describen a continuación: cinco simbologías geométricas universales para clasificar unas de otras actividades intervinientes tales como operación por una espera, transporte por una

flecha hacia la derecha, demora por una semiesfera, inspección por un cuadrado y almacenamiento por un triángulo.

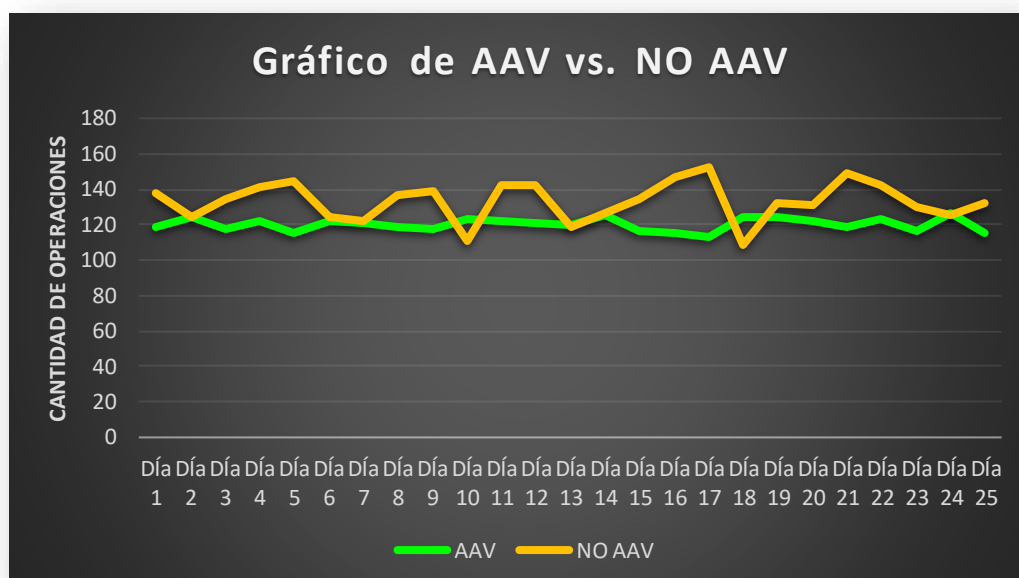
El propósito inicial de este diagrama es analizar todas las actividades y separar las que agregan valor de las que no agregan valor y cuantificarlas de manera que el total de actividades son veintitrés, pero estas tienden a repetirse en muchas ocasiones haciendo un total de 275 movimientos de los cuales ciento diecinueve agregan valor al proceso y ciento cincuenta y seis no agregan valor al proceso en un tiempo estimado de 567.87 minutos de los cuales 509.09 son minutos que agregan valor al proceso y 58.78 minutos son parte de este procesos pero no agregan valor.

| DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO PRE-TEST | | | |
|--|---|----------|---|
| RESUMEN | | | GRÁFICO DE JUNTA DE SOLDADURA |
| ACTIVIDADES | SIMB. | CANTIDAD |  |
| Operación |  | 191 | |
| Inspección |  | 5 | |
| Demora |  | 78 | |
| Transporte |  | 0 | |
| Almacenamiento |  | 1 | |
| Total de movimientos | | 275 | |
| Tiempo total de AAV (min) | | 509.09 | |
| Longitud de junta (m) | | 7 | |

*Tabla 18: Diagrama de análisis de proceso pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

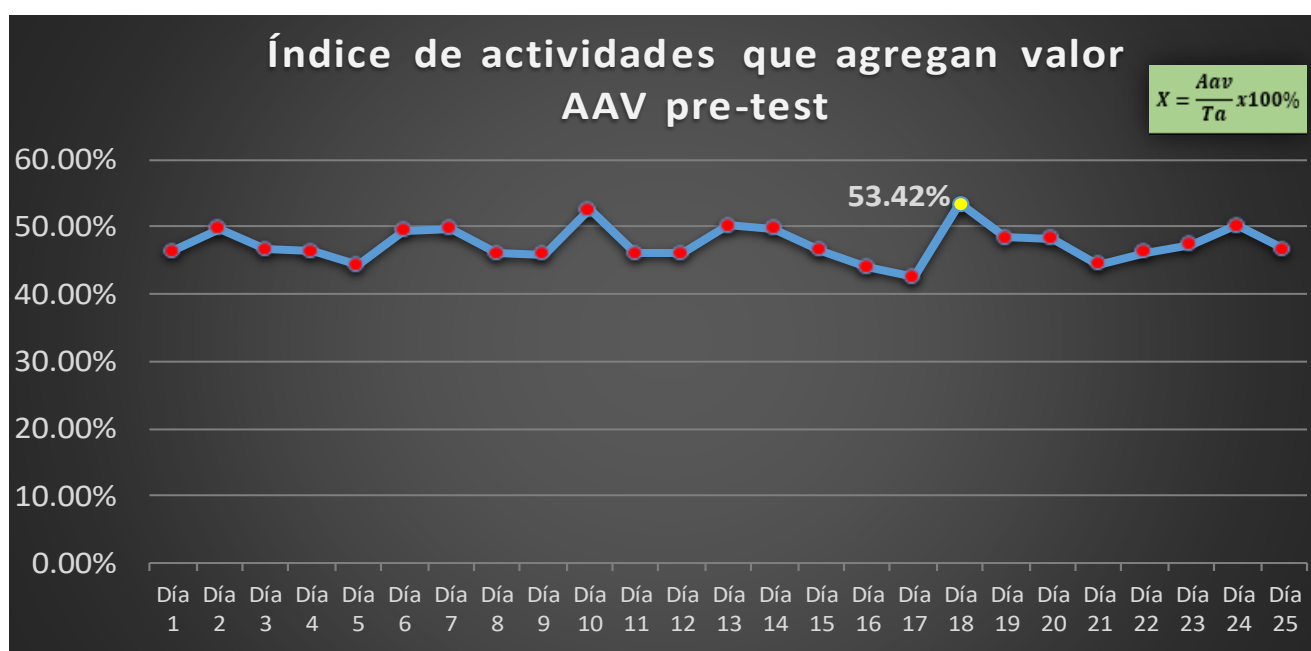
2.7.4.3. Examinamos Indicadores de AAV pre-test.

Para examinar el pre test de indicadores que agregan valor se presenta a continuación un gráfico que nos muestra las variaciones que representan una cantidad promedio de 254 actividades de las cuales 120 actividades agregan valor al proceso y 133 no generan ningún valor pero forman parte del proceso, sin embargo se observa que las actividades que no agregan valor por día tienen fluctuaciones constantes en promedio están por encima de las actividades que si agregan valor lo cual se considera que se están generando costos ocultos en el proceso de soldadura lo cual no es favorable para la empresa.



*Figura 46: Grafico de cantidad de AAV vs. ANAV pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

En el siguiente gráfico se muestra los indicadores de las actividades que si agregan valor obteniendo un promedio del 47% por lo que se podemos determinar que es relativamente bajo en comparación a lo óptimo esperado y podemos decir que el método usado actualmente no está contribuyendo al resultado esperado por la empresa.



*Figura 47: Gráfico Índice de AAV pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.4.4. Examinamos Tiempos Efectivos pre-test.

Este registro esta realizado en un formato adecuado para representar los tiempos efectivos en minutos de las operaciones de soldeo por la longitud efectuada mientras el arco de soldadura está encendido por ello es que en cada columna tenemos gráficos que representan el numero o pase de soldadura aplicada, su longitud y su tiempo en minutos así como tenemos once filas de segmentos las cuales representan cada vez que el soldador realiza una parada por distancia, fatiga o interrupciones voluntarias o involuntarias.

En el resumen del registro se nos muestra que el tiempo efectico y las longitudes efectuadas para una soldadura de raíz es 27 minutos y 7 metros de recorrido, para los pases de relleno fueron 277 minutos y 35 metros de recorrido, para los pases de presentación 120 minutos y 14 pases de recorrido haciendo u total de 424 minutos de tiempo normal para 56 metros de soldadura realizadas para la ejecución de una junta de soldadura de penetración completa en una plancha de 22 milímetros de la configuración ya explicada en figura 20.

Es necesario mencionar que 424 minutos es solo para el tiempo efectivo considerado mientras el arco de soldadura se encuentra encendido lo que traducido a horas es igual a 7.06 horas efectuado por un solo soldador. En Esmetal el horario de trabajo es de 7:30 a 17:00 haciendo un total de 8:15 horas restando el tiempo de refrigerio de 45 minutos. La diferencia del tiempo normal de trabajo y el tiempo laboral diario se verá reflejado en estudio del tiempo estándar.

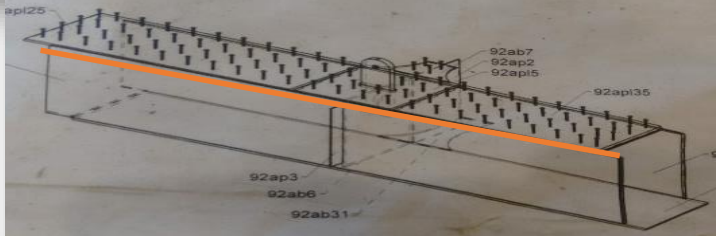
| Resumen de tiempos | | | |
|--|-----------------|----------------------|------------------------|
| Tiempo por pases en minutos | | | $\sum T_n(\text{min})$ |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentación | |
| 26.35 | 277.05 | 120.41 | 423.81 |
| Resumen de longitudes | | | |
| Longitud recorrida por pases en metros | | | $\sum Long.(m)$ |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentación | |
| 7 | 35 | 14 | 56 |
| CÓDIGO DE ELEMENTO | PJ2-0VC0012 | Nº DE JUNTA | 1 |
| GRÁFICO DE UBICACIÓN DE JUNTA EN ELEMENTO | | | |
|  | | | |

Tabla 25: Resumen del tiempo normal o efectivo pre-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.4.5. Examinamos Tiempos Estándar pre-test.

Para poder examinar este registro tenemos que recordar los factores de suplementos indicados por la Organización Internacional del Trabajo OIT mencionados en la tabla 11 de esta investigación que se añaden a los tiempos normales según formula del tiempo estándar indicada en el cuadro los cuales se menciona a continuación:

Np= necesidades personales, estas se refieren a necesidades como ir a los servicios higiénicos o tomar agua a los cuales se les asigna el 5% del tiempo normal.

Fb=fatiga básica, la fatiga básica se refiere a los cansancios provocados por la actividad de soldar y como es natural se necesita respirar aire fresco cada cierto tiempo determinado o por cada parada por lo que se le asigna el 4% del tiempo normal.

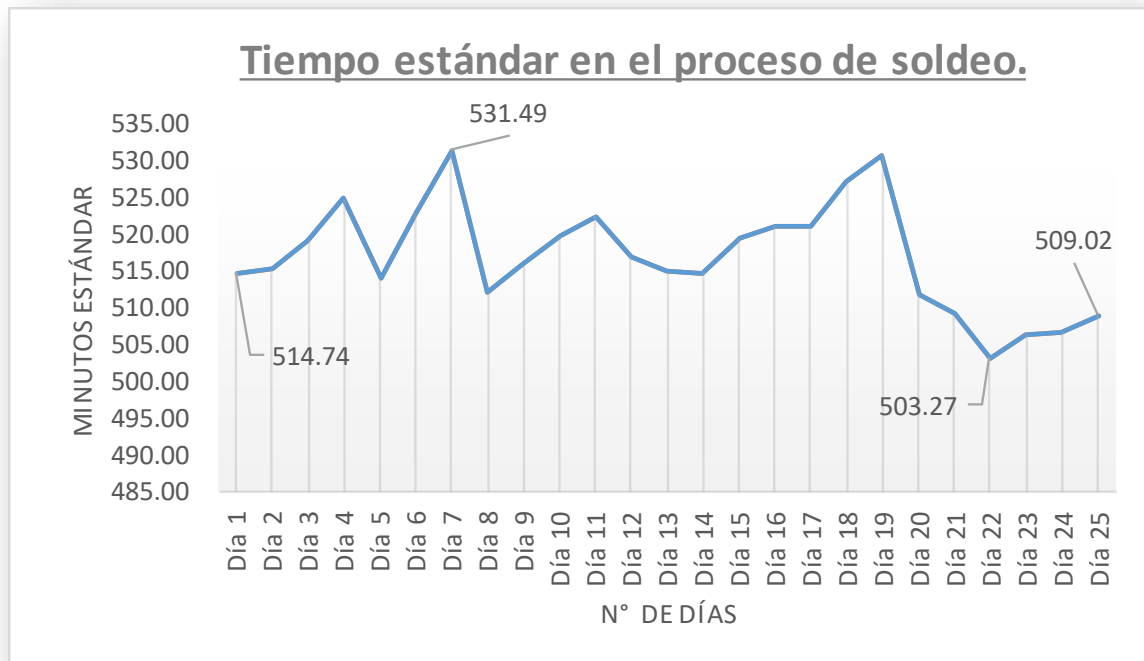
Di= Demora inevitable, la demora inevitable se refiere a movimientos por cambio de segmento a soldar, cambios de boquillas de contacto en la antorcha de soldar, cambio de rollo de soldadura o discos como el esmeril y dado que no son demoras típicas se le asigna solo el 1% del tiempo normal.

Pi=postura incomoda, la postura incomoda es un suplemento asignado en este registro para determinar el tiempo estándar debido a que la organización internacional del trabajo define esta actividad de soldar como ergonómicamente crítico para lo cual nos indica varios valores según la posición del trabajo y en este caso se le asigna el 10% del tiempo normal debido a que este trabajo se realizará en posición de rodilla e inclinado hacia el piso tal como se muestra en la tabla 11 de porcentaje por holguras.

Evf = Esfuerzo visual fino, el esfuerzo visual fino se refiere a que el operario soldador tendrá que usar el máximo sentido visual para inspeccionar los detalles de su trabajo en todo momento por lo que se le asigna el 2% del tiempo normal de trabajo.

La sumatoria de los suplementos indicado en el registro resulta ser un 22% de los tiempos normales. De acuerdo con la fórmula para el tiempo estándar usado para esta investigación será de la siguiente manera: tiempo estándar es igual al tiempo normal por uno más el total de suplementos $Ts = Tn(1+S)$ de manera que obtenemos un promedio de 517 minutos equivalente

a 8:61 horas para la ejecución de una junta de soldadura de 7 metros en una plancha de 22 milímetros de acuerdo al diseño ya mencionado en la figura 20



*Figura 48: Gráfico Índice de AAV pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

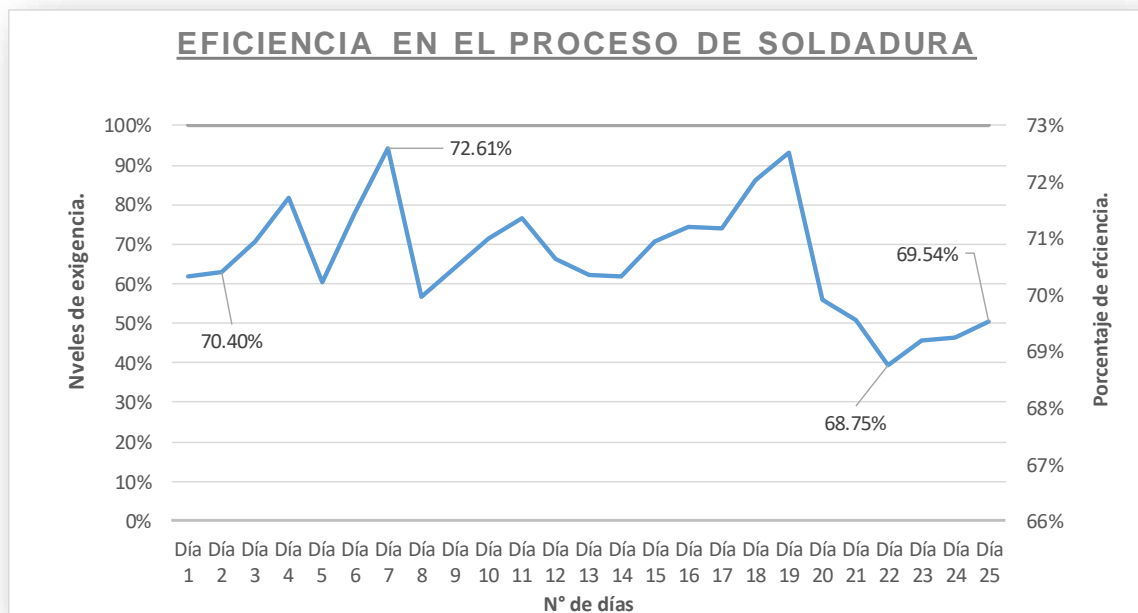
En el gráfico anterior se observa con detalle la resolución en promedio del tiempo estándar efectuado mediante la fórmula establecida en el cuadro de Operacionalización de variables. Dónde se nos indica que el tiempo estándar es igual al tiempo normal por la suma de del factor de valoración más el tiempo de suplemento, cabe mencionar que el tiempo normal es igual a decir el tiempo efectivo por lo que anteriormente ya se vio una tabla de dicho tiempo.

El siguiente gráfico nos muestra las variaciones que ha tenido el tiempo estándar en minutos solo para aplicación del proceso de soldadura en un tiempo de 25 días dándose como punto inicial 514.74 minutos, el punto más alto 531.49 minutos, el tiempo más bajo en 503.27 minutos, y el punto con el que finaliza el estudio es 509.02 minutos.

De esta manera lo que se puede observar que el tiempo estándar en el proceso de soldadura aplicado a la fabricación de vigas cajón es un promedio 517.05 en el tiempo de estudio tomado que es de 25 días.

2.7.4.6. Examinamos Indicadores de Eficiencia pre-test.

El registro pre-test de la eficiencia está basado en la observación de veinticinco días de observación dentro de los límites establecidos para este estudio, haciendo el cálculo operativo de la eficiencia es igual al tiempo efectivo entre el tiempo efectivo más el tiempo no efectivo todo esto por el cien por ciento, de manera que se obtiene mediante esta el índice de eficiencia del proceso de soldadura.

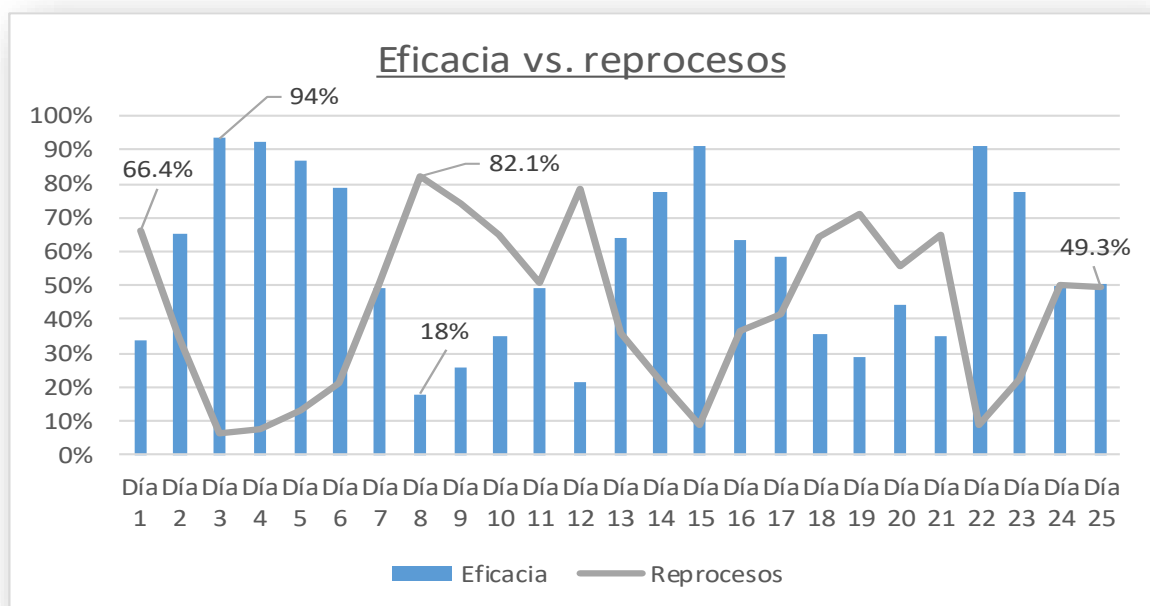


*Figura 49: Gráfico de la eficiencia en el proceso de soldadura pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

La estadística anterior nos muestra los porcentajes de eficiencia en el proceso de soldadura aplicado en la elaboración de las vigas cajón cuyo coeficientes son extraídos de los resultados de tiempos efectivos tomados en los estudios de tiempos estándar que como fórmula establecido en la matriz de Operacionalización de variables es el cociente del tiempo efectivo entre la suma del tiempo efectivo más el tiempo no efectivo y todo esto multiplicado por el porcentaje de cien y de esa manera podemos insertar un gráfico estadístico en Dónde se puede observar que el porcentaje de eficiencia inicial es de 70.40%, el porcentaje más alto es el de 72.61%, el porcentaje más bajo es de 68.75% y al término de este estudio de 25 días es de 69.54% por lo que se puede apreciar que la eficiencia no es muy mala ya que el promedio de eficiencia en el tiempo de estudio aplicado es de 70.63%, esto se puede mejorar mediante el propósito de la presente investigación.

2.7.4.7. Examinamos indicadores de eficacia pre-test.

Para esta investigación se ha tomado como medida de eficacia a las longitudes de soldadura bien hechas, es decir la longitud de soldadura aceptadas entre la longitud de soldadura programadas con el fin de obtener el indicador porcentual, la longitud de soldadura rechazada por el ensayo no destructivo aplicado es considerado como reproceso y en el gráfico 50 se muestra que el porcentaje de eficacia como el porcentaje de reprocesos van de la mano para poder determinar la fórmula establecida en el cuadro de Operacionalización de variables, muestra a la eficacia como el coeficiente de las longitudes de soldaduras aceptadas entre las longitudes de soldadura programadas, todo esto multiplicado por el 100 por ciento.



*Figura 50: Gráfico de la eficacia y reprocesos de soldadura pre-test.
Fuente: Elaboración propia.*

De esta manera podemos extraer un gráfico estadístico donde nos muestra que la eficacia representada por las barras azules empieza con un 33.57%, el punto más alto es 93.57% y el punto final es en 50.71%. Se muestra también los índices de reprocesos que en contraste con la eficacia está representada por una línea de color plomo en el punto más alto con 82.1% de reprocesos y al final del estudio termina con un 49.3%

Es así como se puede determinar que la eficacia tiene un promedio de 57% versus los reprocesos con un promedio de 43%. La intención de este estudio es revertir los márgenes que perjudican la rentabilidad que pueda producirse en el proceso.

2.7.4.8. Examinamos Indicadores de Productividad pre-test.

El registro pre-test de la productividad está basado en el producto de los indicadores de la eficacia multiplicado por la eficiencia con la finalidad de obtener el índice promedio de la productividad de veinticinco días de observación cada día en diferentes juntas soldadas.

| ESMETAL | | Pre-test de productividad. | | | | |
|-----------|---------------|----------------------------|------------------|----------|-------------------|------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | Método: | PRE-TEST | POS-TEST | Fecha de inicio: | 5/03/2018 |
| Analista: | Marcos Pérez | Proceso: | Soldadura FCAW-G | | Fecha de termino: | 10/04/2018 |
| Nº Dias | Eficiencia % | | Eficacia % | | Productividad % | |
| Promedios | 70.63% | | 57% | | 40.0% | |

Tabla 24: Pre-test de productividad.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 24, la evaluación del registro realizado nos presenta un promedio de productividad del 40% en el proceso de soldadura de las vigas cajones en 25 días de observación siendo el pico más alto en los días 3 y 4 de la observación con el 66% y los picos más bajos con 12% y 15% de productividad los días 8 y 12 de la observación por lo que se puede determinar que el indicador no es el favorable ni el más óptimo para la empresa, con este estudio se tiene claro que se debe revertir los indicadores a favor de la empresa y ordenar la representación fluctuante que demuestra el espectro.

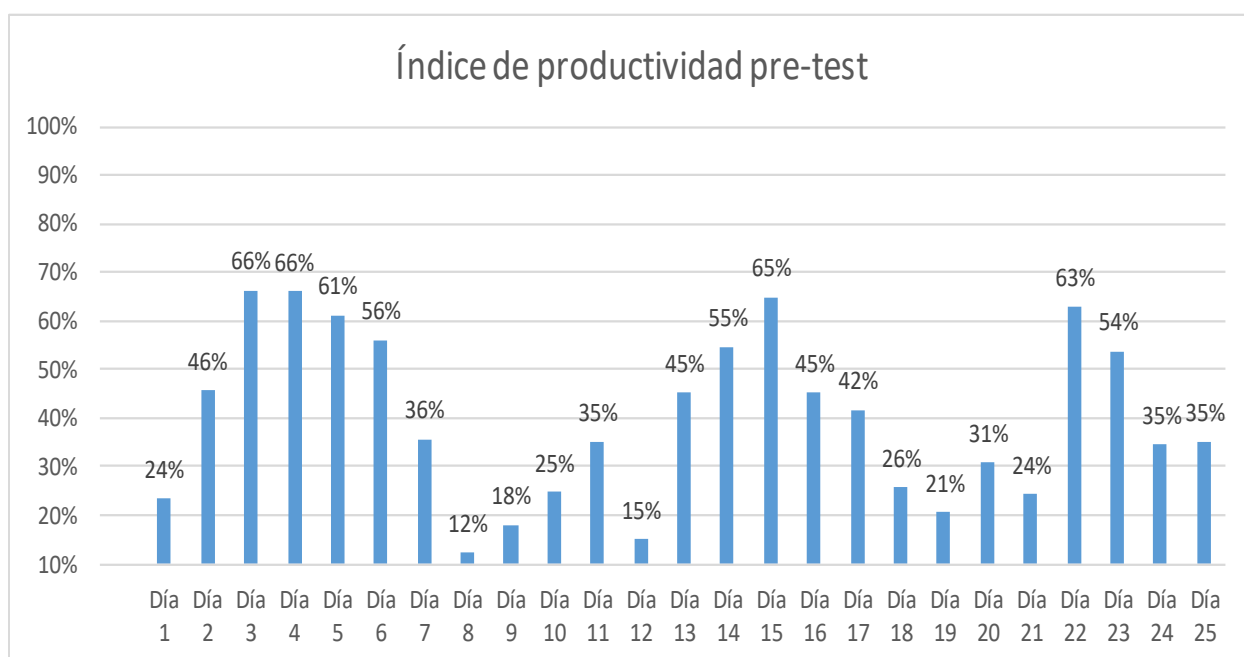


Figura 51: Gráfico del índice de la productividad pre-test.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.5. Etapa 4 del desarrollo de la propuesta.

Establecer.

El desarrollo de la propuesta en la etapa cuatro está basado en establecer un nuevo método de trabajo a partir del uso de uno de los factores que restringen la producción según García Criollo pag. 11. “Los recursos físicos. Los métodos de trabajo y los factores tecnológicos que actúan tanto en forma individual y combinada tienen un importante impacto en la productividad” y para esto se empleará el cambio de proceso de soldadura por arco con núcleo de fundente en el alambre de soldadura y con protección gaseosa FCAW-G a soldadura por arco sumergido SAW y así mismo los recursos tecnológicos existentes nos lo permiten debido a que se debe acelerar los procesos de soldadura y subir los indicadores de eficiencia, entonces para esto se realiza la presentación de este nuevo método de trabajo de la siguiente manera.

2.7.5.1. Propuesta de Soldadura por Arco Sumergido SAW.

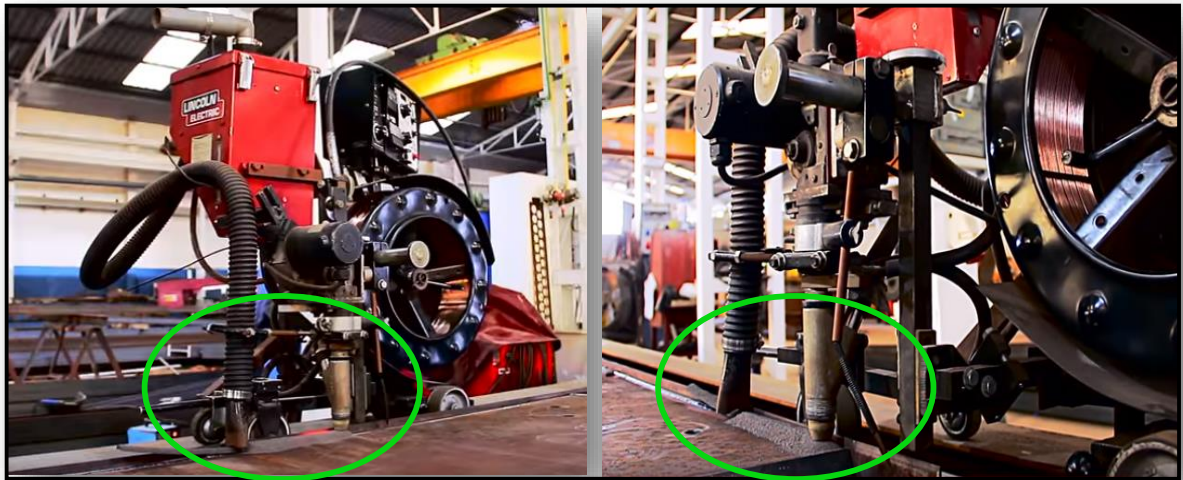
El proceso de soldadura por arco sumergido SAW es una de las opciones de aplicación de soldadura eléctrica dispuesta por la AWS en la que el uso de la máquina y la mano de obra es totalmente distinto al que se usa en esta investigación antes de la aplicación de la mejora.

A continuación, se presenta los principales actores en este nuevo método de aplicación de soldadura:



*Figura 52: Consumibles para SAW.
Fuente: Elaboración propia.*

Los consumibles para este proceso de soldadura tienen una gama de presentaciones, marcas y nombres comerciales, en esta ocasión se usará el fundente granulado OK FLUX compuesta por Silicio, Potasio y Manganeso que aportan propiedades mecánicas adecuadas al material aporte y el alambre solido de 1/8" de diámetro revestido de una película de cobre para aprovechar la conductividad y evitar la celeridad de la corrosión expuesta en el medio ambiente.



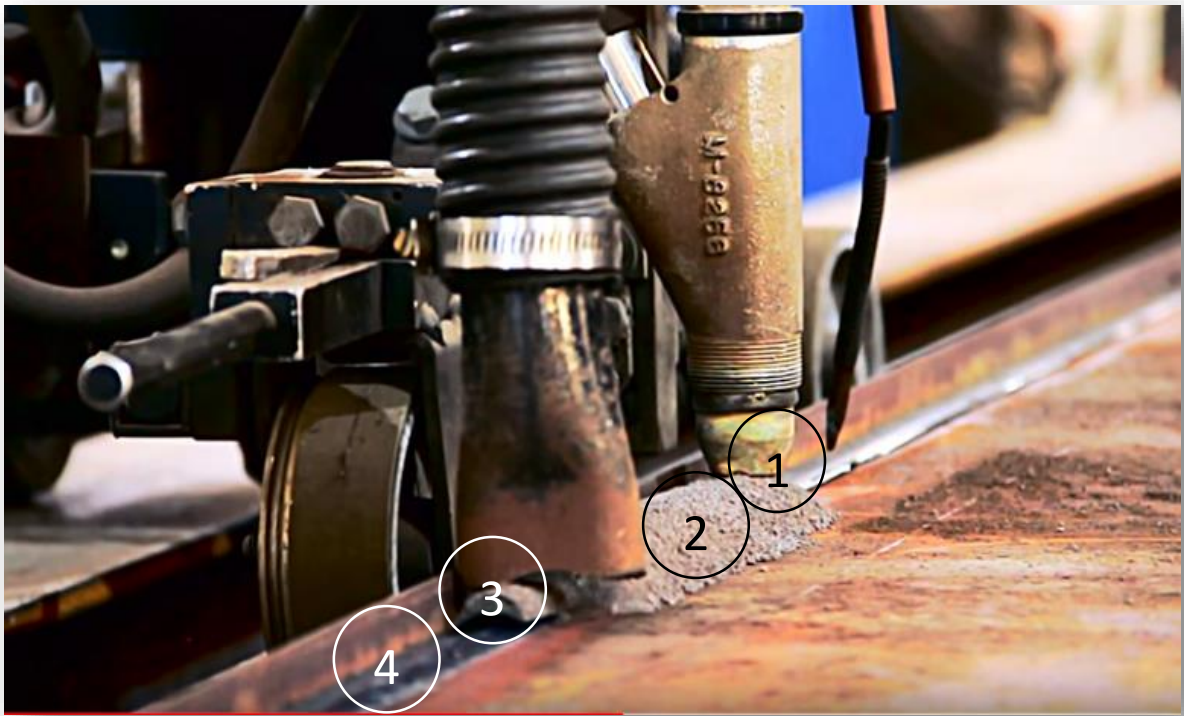
*Figura 53: Vista delantera y posterior de TRACTOR LT-7.
Fuente: LINCOLN ELECTRIC.*

La máquina indispensable para realizar este nuevo proceso se llama Tractor alimentador LT-7 tal como se observa en la figura 53 pero este no podría funcionar sino es alimentado con energía mediante una fuente de energía de 440 voltios DC1000



*Figura 54: Fuente de energía de 440 voltios DC 1000.
Fuente: LINCOLN ELECTRIC.*

El tractor LT-7, la fuente de alimentación de 440 voltios, el alambre solido de 1/8 de diámetro, el fundente granulado y un operador capacitado son actores fundamentales hacer posible el proceso el proceso de soldadura de arco sumergido SAW tal como se observa en el siguiente gráfico 55 esta operación no genera ni desprende chispas de soldadura debido a que el 1. arco de soldadura se encuentra encapsulado por una capa de 2. fundente y a su vez va formando la 3. escoria protectora del 4. metal depositado.



*Figura 55: Operación con SAW.
Fuente: LINCOLN ELECTRIC.*

2.7.6. Etapa 5 del desarrollo de la propuesta.

Evaluar.

Para el desarrollo de esta etapa se tomará en cuenta el uso de los formatos y herramientas ofrecidos por la ingeniería de métodos en cuanto a la etapa registro, estos formatos servirán para evidenciar los cambios que se han generado con la ejecución de la propuesta de mejora, se evaluarán las cantidades de operaciones, las cantidades de actividades que integran este nuevo método, los índices de actividades que agregan valor AAV, el registro del tiempo efectivo, el registro del tiempo estándar, el índice de eficiencia, el índice de eficacia y el índice de productividad generada con el uso de este nuevo método de trabajo.

2.7.6.1. Post-test de Índice de Actividades que Agregan Valor.


|  | | Índice de actividades que agregan valor. AAV POST-TEST | | |
|---|-------------------------|---|---------------|---|
| Empresa | Esmetal S.A.C | Método | POST - TEST | Fecha de inicio. 17/09/2018 |
| Observado por | Marcos Pérez | Proceso | Soldadura SAW | Fecha de termino: 22/10/2018 |
| N° Días | Cantidad de actividades | Actividades que agregan valor | | $X = \frac{Aav}{Ta} \times 100\%$ |
| | | SI | NO | |
| | | AAV | NO AAV | Índice de actividades que agregan valor |
| Día 1 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 2 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 3 | 21 | 12 | 9 | 57.14% |
| Día 4 | 19 | 10 | 9 | 52.63% |
| Día 5 | 18 | 10 | 8 | 55.56% |
| Día 6 | 19 | 10 | 9 | 52.63% |
| Día 7 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 8 | 21 | 12 | 9 | 57.14% |
| Día 9 | 22 | 13 | 9 | 59.09% |
| Día 10 | 19 | 10 | 9 | 52.63% |
| Día 11 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 12 | 22 | 13 | 9 | 59.09% |
| Día 13 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 14 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 15 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 16 | 19 | 10 | 9 | 52.63% |
| Día 17 | 21 | 11 | 10 | 52.38% |
| Día 18 | 22 | 12 | 10 | 54.55% |
| Día 19 | 19 | 11 | 8 | 57.89% |
| Día 20 | 22 | 12 | 10 | 54.55% |
| Día 21 | 18 | 9 | 9 | 50.00% |
| Día 22 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Día 23 | 19 | 10 | 9 | 52.63% |
| Día 24 | 22 | 12 | 10 | 54.55% |
| Día 25 | 20 | 11 | 9 | 55.00% |
| Promedios | 20 | | | 54.80% |

Tabla 26: Registro de AAV post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.6.2. Post-test de tiempos efectivos.

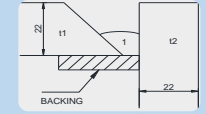
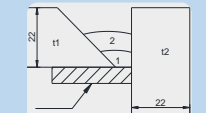
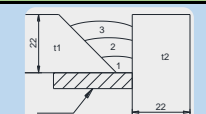
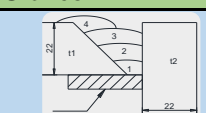
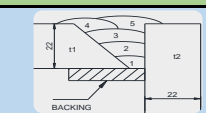
| | | | | | |
|---|--------------------|--|---------------------|-------------------------|---------|
| ESMETAL | | ESTUDIO DE TIEMPOS EFECTIVOS | | | |
| | | POST-TEST | | | |
| EMPRESA | ESMETAL S.A.C. | FECHA | 22/10/2018 | | |
| ÁREA | FABRICACIONES | MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST | |
| OBJETO | JUNTA DE SOLDADURA | LONGITUD TOTAL (m) | 35 | | |
| PROCESO | SOLDADURA SAW | T. FECTIVO TOTAL (m) | 124 | | |
| OBSERVADO POR | MARCOS PEREZ | VIGA CAJÓN | PJ2-0VC002 | | |
| Gráfico | | Control de soldadura por Arco Sumergido en pase de raíz. | | | |
|  | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | 500 | 25 | 23" por minuto | 7 metros | 12.43 |
| | | | 59 cm. por minuto | | |
| Gráfico | | Control de soldadura por Arco Sumergido en pase de relleno 1. | | | |
|  | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | 550 | 32 | 10" por minuto | 7 metros | 27.15 |
| | | | 25 cm. por minuto | | |
| Gráfico | | Control de soldadura por Arco Sumergido en pase de relleno 2. | | | |
|  | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | 550 | 35 | 8" por minutos | 7 metros | 34.22 |
| | | | 21 cm. Por minuto | | |
| Gráfico | | Control de soldadura por Arco Sumergido en pase de presentación 1. | | | |
|  | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | 600 | 35 | 12" por minuto | 7 metros | 23.35 |
| | | | 26 cm. Por minuto | | |
| Gráfico | | Control de soldadura por Arco Sumergido en pase de presentación 2. | | | |
|  | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | 580 | 35 | 12" por minuto | 7 metros | 27.58 |
| | | | 31 cm. por minuto | | |
| Resumen de tiempos | | | | | |
| Tiempo por pases en minutos | | | | | 124.73 |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentación | $\sum T_{(min)}$ | | |
| 12.43 | 61.37 | 50.93 | | | |
| Resumen de longitudes | | | | | |
| Longitud recorrida por pases en metros | | | | | 35 |
| Pase raíz | Pase relleno | Pase de presentación | $\sum Long. (m)$ | | |
| 7 | 21 | 14 | | | |

Tabla 27: Registro de tiempos efectivos post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.6.3. Post-test de tiempos estándar.

| ESMETAL | | | Estudio de tiempo estándar Post-test. | | | | | | |
|---|-----------------|----------------------|---------------------------------------|----|---------------|----------|-------------------|------------|------------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | | Método | | PRE-TEST | POS-TEST | Fecha de inicio. | | 17/09/2018 |
| Observado por: | Marcos Pérez | | Proceso | | Soldadura SAW | | Fecha de termino: | | 22/10/2018 |
| N° Días | Tiempo efectivo | Factor de Valoración | Suplementos | | | | | ΣS | Tiempo estándar |
| | | | Np | Fb | Di | Pi | Evf | | |
| | | | 5% | 4% | 1% | 10% | 2% | 22% | $Ts = Tn(1 + S)$ |
| Día 1 | 126 | 1 | 6 | 5 | 1 | 13 | 3 | 28 | 154 |
| Día 2 | 123 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 151 |
| Día 3 | 135 | 1 | 7 | 5 | 1 | 14 | 3 | 30 | 165 |
| Día 4 | 125 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 152 |
| Día 5 | 145 | 1 | 7 | 6 | 1 | 15 | 3 | 32 | 177 |
| Día 6 | 123 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 150 |
| Día 7 | 125 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 152 |
| Día 8 | 123 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 150 |
| Día 9 | 120 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 26 | 147 |
| Día 10 | 122 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 149 |
| Día 11 | 124 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 151 |
| Día 12 | 122 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 149 |
| Día 13 | 124 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 151 |
| Día 14 | 126 | 1 | 6 | 5 | 1 | 13 | 3 | 28 | 153 |
| Día 15 | 127 | 1 | 6 | 5 | 1 | 13 | 3 | 28 | 155 |
| Día 16 | 123 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 150 |
| Día 17 | 123 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 150 |
| Día 18 | 122 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 149 |
| Día 19 | 123 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 150 |
| Día 20 | 123 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 150 |
| Día 21 | 124 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 151 |
| Día 22 | 122 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 149 |
| Día 23 | 122 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 148 |
| Día 24 | 126 | 1 | 6 | 5 | 1 | 13 | 3 | 28 | 154 |
| Día 25 | 120 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 26 | 147 |
| Promedios | 125 | 1 | 6 | 5 | 1 | 12 | 2 | 27 | 152 |
| * Np=Nesecidades personales / Fb=Fatiga Basica / Di=Demora inevitable / Pi=Postura Incomoda / Evf=Esfuerzo visual fino | | | | | | | | | |

Tabla 28: Registro de tiempos Estándar post-test.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.6.4. Post-test de la eficiencia.


|  | | Estudio Post-test de Eficiencia. | | | | |
|---|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|---|-----------------------|
| Empresa | Esmetal S.A. | Método | PRE-TEST | POST-TEST | Fecha de inicio. | 17/09/2018 |
| Analista | Marcos Pérez | Proceso | Soldadura SAW | | Fecha de termino: | 22/10/2018 |
| N° Días | Cantidad de juntas soldadas | Tiempo Programado por día (min) | Tiempo efectivo (min) | Tiempo no efectivo (min) | Eficiencia (%) | Tiempo estándar (min) |
| | | | | | $Eficiencia = \frac{Te}{Te + Tne} \times 100\%$ | $Ts = Tn(1 + S)$ |
| Día 1 | 4 | 600 | 126 | 474 | 83.70% | 153 |
| Día 2 | 4 | 600 | 123 | 477 | 82.30% | 151 |
| Día 3 | 4 | 600 | 135 | 465 | 90.24% | 165 |
| Día 4 | 4 | 600 | 125 | 475 | 83.03% | 152 |
| Día 5 | 4 | 600 | 145 | 455 | 96.89% | 177 |
| Día 6 | 4 | 600 | 123 | 477 | 82.22% | 150 |
| Día 7 | 4 | 600 | 125 | 475 | 83.15% | 152 |
| Día 8 | 4 | 600 | 123 | 477 | 82.19% | 150 |
| Día 9 | 4 | 600 | 120 | 480 | 80.29% | 147 |
| Día 10 | 4 | 600 | 122 | 478 | 81.56% | 149 |
| Día 11 | 4 | 600 | 124 | 477 | 82.33% | 151 |
| Día 12 | 4 | 600 | 122 | 478 | 81.57% | 149 |
| Día 13 | 4 | 600 | 124 | 476 | 82.35% | 151 |
| Día 14 | 4 | 600 | 126 | 474 | 83.70% | 153 |
| Día 15 | 4 | 600 | 127 | 473 | 84.51% | 155 |
| Día 16 | 4 | 600 | 123 | 477 | 82.23% | 150 |
| Día 17 | 4 | 600 | 123 | 477 | 82.23% | 150 |
| Día 18 | 4 | 600 | 122 | 478 | 81.40% | 149 |
| Día 19 | 4 | 600 | 123 | 477 | 82.15% | 150 |
| Día 20 | 4 | 600 | 123 | 477 | 81.71% | 150 |
| Día 21 | 4 | 600 | 124 | 476 | 82.37% | 151 |
| Día 22 | 4 | 600 | 122 | 478 | 81.40% | 149 |
| Día 23 | 4 | 600 | 122 | 478 | 81.07% | 148 |
| Día 24 | 4 | 600 | 126 | 474 | 84.00% | 154 |
| Día 25 | 4 | 600 | 120 | 480 | 80.20% | 147 |
| Promedios | 4 | 600 | 125 | 475 | 83.15% | 152 |
| **Te=Tiempo efectivo / Tno=Tiempo no efectivo. | | | | | | |

Tabla 29: Registro de eficiencia post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.6.5. Post-test de la eficacia.


|  | | Estudio Pos-test de Eficacia. | | | | |
|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | Método: | PRE-TEST | POS-TEST | Fecha de inicio.: | 17/09/2018 |
| Analista: | Marcos Pérez | Proceso: | Soldadura SAW | | Fecha de termino: | 22/10/2018 |
| N° Días | Longitud de Juntas de Soldadura por día (m) | | | | Eficacia % | % Reprocesos |
| | Programadas | Realizado | Aceptadas por END (ultrasonido) (m) | Rechazadas por END (ultrasonido) (m) | $Eficacia = \frac{Lsa}{Lsp} \times 100\%$ | |
| Día 1 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 2 | 7 | 7 | 6.72 | 0.28 | 96% | 4.0% |
| Día 3 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 4 | 7 | 7 | 6.65 | 0.35 | 95% | 5.0% |
| Día 5 | 7 | 7 | 6.79 | 0.21 | 97% | 3.0% |
| Día 6 | 7 | 7 | 6.93 | 0.07 | 99% | 1.0% |
| Día 7 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 8 | 7 | 7 | 6.72 | 0.28 | 96% | 4.0% |
| Día 9 | 7 | 7 | 6.65 | 0.35 | 95% | 5.0% |
| Día 10 | 7 | 7 | 6.86 | 0.14 | 98% | 2.0% |
| Día 11 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 12 | 7 | 7 | 6.93 | 0.07 | 99% | 1.0% |
| Día 13 | 7 | 7 | 6.79 | 0.21 | 97% | 3.0% |
| Día 14 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 15 | 7 | 7 | 6.65 | 0.35 | 95% | 5.0% |
| Día 16 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 17 | 7 | 7 | 6.72 | 0.28 | 96% | 4.0% |
| Día 18 | 7 | 7 | 6.86 | 0.14 | 98% | 2.0% |
| Día 19 | 7 | 7 | 6.93 | 0.07 | 99% | 1.0% |
| Día 20 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 21 | 7 | 7 | 6.93 | 0.07 | 99% | 1.0% |
| Día 22 | 7 | 7 | 6.79 | 0.21 | 97% | 3.0% |
| Día 23 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Día 24 | 7 | 7 | 6.93 | 0.07 | 99% | 1.0% |
| Día 25 | 7 | 7 | 7 | 0 | 100% | 0.0% |
| Promedios | 7 | 7 | 6.874 | 0.126 | 98% | 2% |
| **Lsa=Longitud de soldadura aceptada / Lsp=Longitud de soldadura programada | | | | | | |

Tabla 30: Registro de eficacia post-test.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.6.6. Pre-test de la productividad.


|  | | Estudio Post-test de productividad. | | | | |
|---|---------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | Método : | PRE-TEST | POST-TEST | Fecha de inicio: | 17/09/2018 |
| Analista: | Marcos Pérez | Proceso: | Soldadura SAW | | Fecha de termino: | 26/10/2018 |
| N° Días | Eficiencia % | Eficacia % | | Productividad % | | |
| Día 1 | 83.70% | 100.00% | | 83.70% | | |
| Día 2 | 82.30% | 96.00% | | 79.01% | | |
| Día 3 | 90.24% | 100.00% | | 90.24% | | |
| Día 4 | 83.03% | 95.00% | | 78.88% | | |
| Día 5 | 96.89% | 97.00% | | 93.99% | | |
| Día 6 | 82.22% | 99.00% | | 81.40% | | |
| Día 7 | 83.15% | 100.00% | | 83.15% | | |
| Día 8 | 82.19% | 96.00% | | 78.91% | | |
| Día 9 | 80.29% | 95.00% | | 76.27% | | |
| Día 10 | 81.56% | 98.00% | | 79.93% | | |
| Día 11 | 82.33% | 100.00% | | 82.33% | | |
| Día 12 | 81.57% | 99.00% | | 80.75% | | |
| Día 13 | 82.35% | 97.00% | | 79.88% | | |
| Día 14 | 83.70% | 100.00% | | 83.70% | | |
| Día 15 | 84.51% | 95.00% | | 80.28% | | |
| Día 16 | 82.23% | 100.00% | | 82.23% | | |
| Día 17 | 82.23% | 96.00% | | 78.94% | | |
| Día 18 | 81.40% | 98.00% | | 79.77% | | |
| Día 19 | 82.15% | 99.00% | | 81.33% | | |
| Día 20 | 81.71% | 100.00% | | 81.71% | | |
| Día 21 | 82.37% | 99.00% | | 81.54% | | |
| Día 22 | 81.40% | 97.00% | | 78.96% | | |
| Día 23 | 81.07% | 100.00% | | 81.07% | | |
| Día 24 | 84.00% | 99.00% | | 83.16% | | |
| Día 25 | 80.20% | 100.00% | | 80.20% | | |
| Promedios | 83.15% | 98.20% | | 81.65% | | |

Tabla 31: Registro de productividad post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.6.7. Diagrama de Operaciones de Procesos post-test.

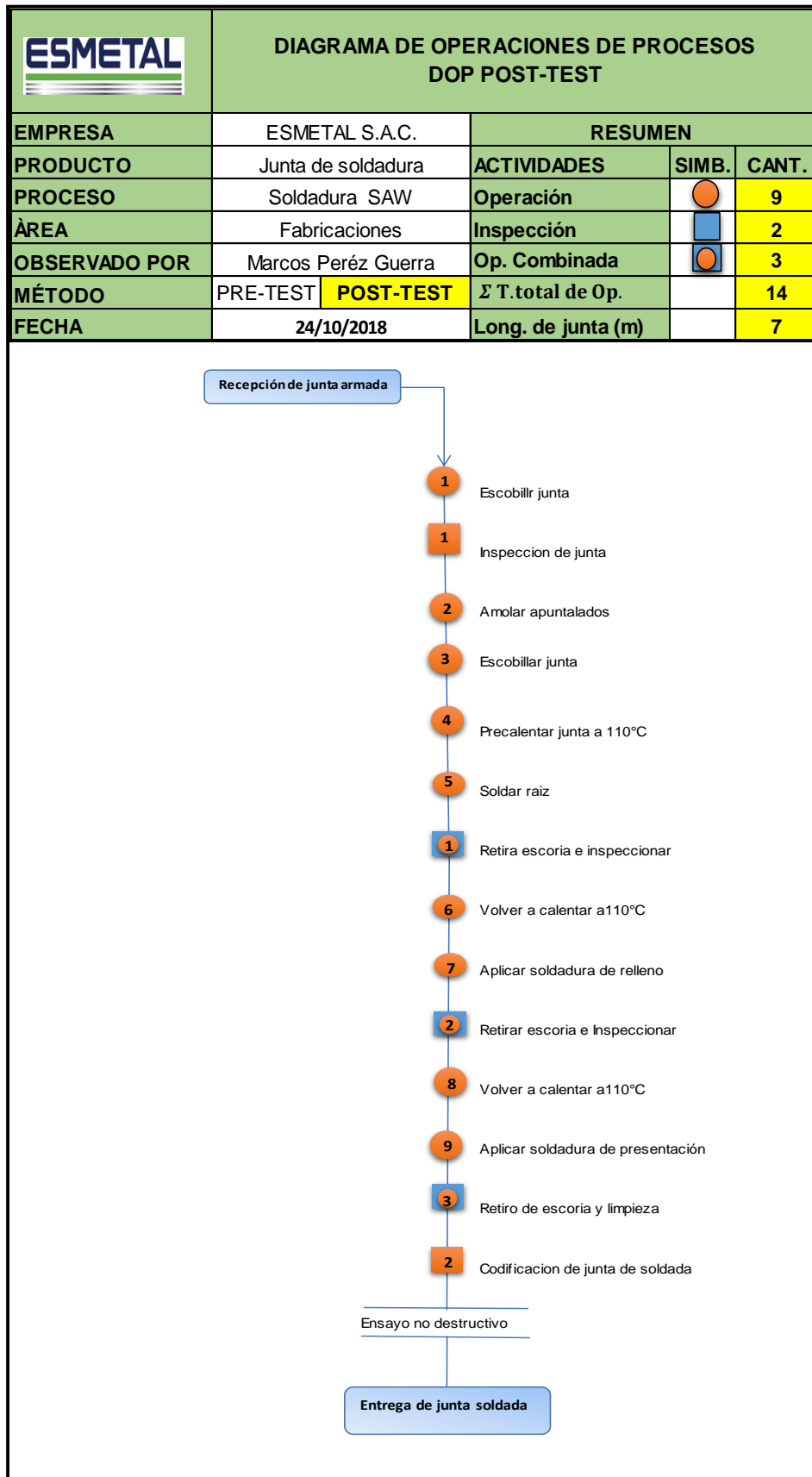
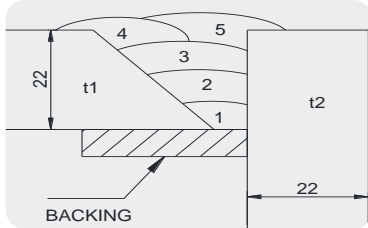


Tabla 32: Diagrama de operaciones de procesos post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.6.8. Diagrama de Análisis de Procesos post-test.

| <div>ESMETAL</div> | | | DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO POST-TEST | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------|-----------|---|-------|--------|---|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | RESUMEN | | | | GRÁFICO DE JUNTA DE SOLDADURA | | | | | | | |
| | | | ACTIVIDADES | SIMB. | CANT. |  | | | | | | | | |
| | | | Operación | | 10 | | | | | | | | | |
| | | | Inspección | | 2 | | | | | | | | | |
| | | | Demora | | 1 | | | | | | | | | |
| | | | Transporte | | 0 | | | | | | | | | |
| | | | Almacenamiento | | 1 | | | | | | | | | |
| | | | Op. combinada | | 3 | | | | | | | | | |
| | | | Total de movimientos | | 20 | | | | | | | | | |
| | | | Tiempo total AAV (min) | | 156.18 | | | | | | | | | |
| PRODUCTO | Junta de soldadura | | | | | | | | | | | | | |
| PROCESO | Soldadura por Arco Sumergido | | | | | | | | | | | | | |
| ÁREA | Fabricaciones | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVADO POR | Marcos Pérez Guerra | | | | | | | | | | | | | |
| MÉTODO | PRE-TEST | POST-TEST | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | 25/10/2018 | | | | | | | | | | | | | |

| N° | DESCRIPCION DE ACTIVIDADES | Veces | T. (MIN) | SIMBOLOGÍA DE ACTIVIDADES | | | | | | AAV | | T. ACT. VALOR | | OBSERVACIONES | $X = \frac{Aav}{Tta} \times 100\%$ | |
|-------|---------------------------------------|-------|----------|---------------------------|---|---|---|---|---|-----|----|---------------|-------|-----------------------------|------------------------------------|-----|
| | | | | | | | | | | Si | No | SI | NO | | | |
| 1 | Escobillado de junta de soldadura | 1 | 3.05 | ● | | | | | | | 1 | | 3.05 | Uso de amoladora | | |
| 2 | Inspección de junta | 1 | 1.05 | | | | | | ● | | 1 | | 1.05 | Revisar correcto armado | | |
| 3 | Amolar apuntalados de armado | 1 | 4.50 | ● | | | | | | | 1 | | 4.50 | Retiro de punto SMAW | | |
| 4 | Escobillado de junta de soldadura | 1 | 4.02 | ● | | | | | | 1 | | 4.02 | | Retiro de impurezas | 5% | |
| 5 | Pre calentamiento de junta a 110°C | 1 | 8.45 | ● | | | | | | 1 | | 8.45 | | Indicado en WPS | 5% | |
| 6 | Aplicar soldadura de raíz | 1 | 12.43 | ● | | | | | | 1 | | 12.43 | | 1er pase de soldadura | 9% | |
| 7 | Recojo de fundente e inspeccionar | 1 | 5.96 | | | | | | ● | | 1 | | 5.96 | Necesario para nuevo pase | | |
| 8 | Volver a calentar a 110°C | 2 | 12.50 | ● | | | | | | 2 | | 12.50 | | Calentamiento total | 10% | |
| 9 | Aplicar soldadura de relleno | 2 | 61.37 | ● | | | | | | 2 | | 61.37 | | 2° y 3° pase | 10% | |
| 10 | Recojo de fundente e inspeccionar | 2 | 8.24 | | | | | | ● | | 2 | | 8.24 | Necesario para nuevos pases | | |
| 11 | Volver a calentar a 110°C | 2 | 6.48 | ● | | | | | | 2 | | 6.48 | | | 10% | |
| 12 | Aplicar soldadura de presentación | 2 | 50.93 | ● | | | | | | 2 | | 50.93 | | 2 ultimos pases | 10% | |
| 13 | Recojo de fundente he inspeccionar | 2 | 6.12 | | | | | | ● | | 2 | | 6.12 | | | |
| 14 | Codificacion de junta de soldada | 1 | 1.20 | | | | | | ● | | 1 | | 1.20 | Realizado por soldador | | |
| 15 | Ensayo no destructivo | 0 | - | | | ● | | | | | 0 | | | Realizado por inspector | | |
| 16 | Liberación y entrega de junta soldada | 0 | - | | | | | ● | | | 0 | | | | | |
| Total | | 20 | 186.30 | 10 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 11 | 9 | 156.18 | 30.12 | | | 59% |

Tabla 33: Diagrama de análisis de procesos post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.7. Resultados. Etapa 6 del desarrollo de la propuesta.

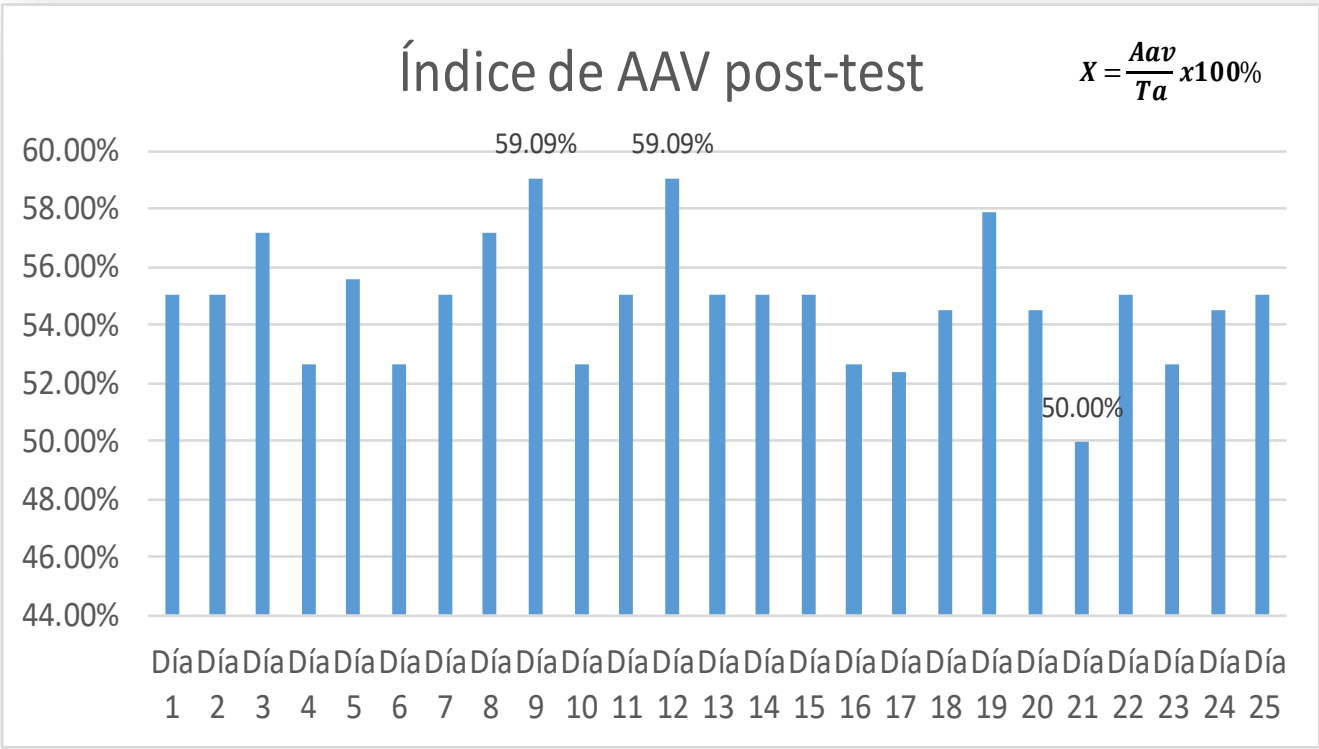
Definir

En esta etapa se realizará la definición de la propuesta a través de los resultados expuestos en el registro post-test de manera que se extenderá una breve examinación de los registros post-test, así mismo se pondrá en evidencia la eficiencia de deposición de soldadura del proceso anterior versus el proceso propuesto, el análisis económico financiero y el costo beneficio que se obtendrá de la aplicación del nuevo método de trabajo.

2.7.7.1. Examinamos AAV post-test.

El Post-test de las actividades que agregan valor incluye las mismas cantidades de días registrados en el pre-test equivalente a veinticinco días de observación en Dónde cuantitativamente se evidencia un indicador porcentual en aumento de un 8% en los promedios lo cual nos permite decir definir que este nuevo proceso nos arroja un buen resultado.

Tal como se observa en la tabla 26 al aplicar la razón aritmética de AAV entre Todas las actividades por el cien por ciento del índice de actividades que agregan valor se observa dos picos más altos con el 59% ambos y solo un valle más bajo del 50% dándonos un promedio de actividades que agregan valor del 47%.



*Figura 56: Gráfico de Índice de AAV post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.7.2. Examinamos tiempos efectivos post-test.

Para el examen de este registro post-test se tiene que entender primero que en el cuadro expuesto existen gráficos en el margen izquierdo del cuadro que nos ilustran el pase de soldadura que corresponde en el proceso actual, así mismo en los cuadros siguientes al centro y margen derecho obtenemos los registros de las variables principales mandatorias en el procedimiento de soldadura WPS tales como amperaje, voltaje y velocidad de avance del tractor LT-7 en pulgadas por minuto y su equivalente en centímetros por minuto, al lado derecho la longitud programada por pase y el tiempo efectivo realizado en ese pase de soldadura.

Luego de haber explicado la estructura de la tabla que expone los tiempos efectivos observamos en el cuadro resumen de la parte inferior de la tabla que el pase de raíz de 7 metros de longitud se efectuó en 12.43 minutos, los pases de relleno de 21 metros de recorrido se efectuó en 61.37 minutos y los pases de presentación de 14 metros de recorrido de 14 metros lineales se efectuó en 50.93 minutos haciendo un tiempo efectivo total de 124. 73 minutos para 35 metros de longitud recorrida de soldadura todo este registro mientras el arco de soldadura está encendido.

| Resumen de tiempos | | | | |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|------------------|--------|
| Tiempo por pases en minutos | | | | 124.73 |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentación | $\sum T^{(min)}$ | |
| 12.43 | 61.37 | 50.93 | | |

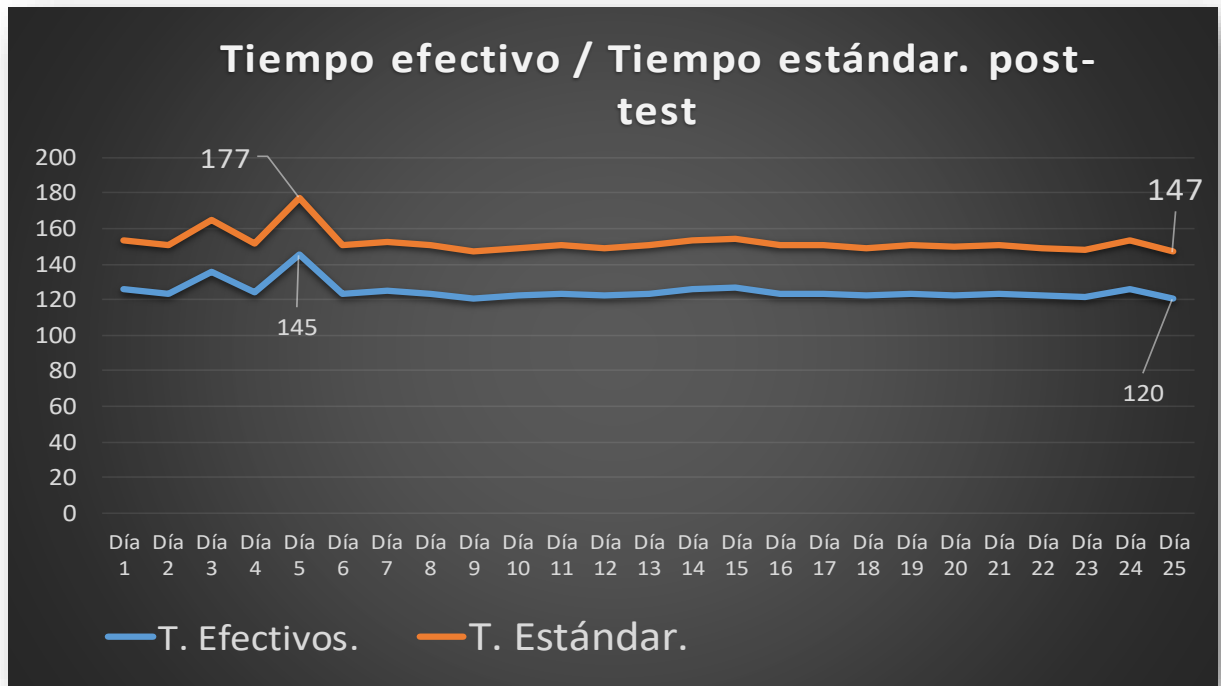
| Resumen de longitudes | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----------------------|-----------------|----|
| Longitud recorida por pases en metros | | | | 35 |
| Pase raíz | Pase relleno | Pase de presentación | $\sum Long.(m)$ | |
| 7 | 21 | 14 | | |

*Tabla 34: Resumen de tiempos efectivos post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.7.3. Examinamos tiempo estándar post-test.

Al igual que en el pre-test de tiempos estándar, la tabla 28 que corresponde al post-test de tiempos estándar está compuesta del factor de valoración=1 y los suplementos que además están compuestos por NP=necesidades personales con el 5% del tiempo normal, Fb=fatiga básica con el 4%, Di=demoras inevitables con el 1%, Pi=posturas incómodas con el 10% y Evf=esfuerzo visual fino con el 2% del tiempo normas haciendo en total 22% asignado para los suplementos.

De esta manera obtenemos el tiempo estándar a través de la aplicación del intervalo aritmético indicada en la matriz de Operacionalización de variables con el tiempo estándar es igual al tiempo normal multiplicado por el factor de valoración uno más los suplementos. Se realizó la observación de veinticinco días Donde el promedio del tiempo estándar dio igual a 152 minutos para la ejecución de una soldadura de 7 metros de longitud en una plancha de 22 milímetros de espesor.



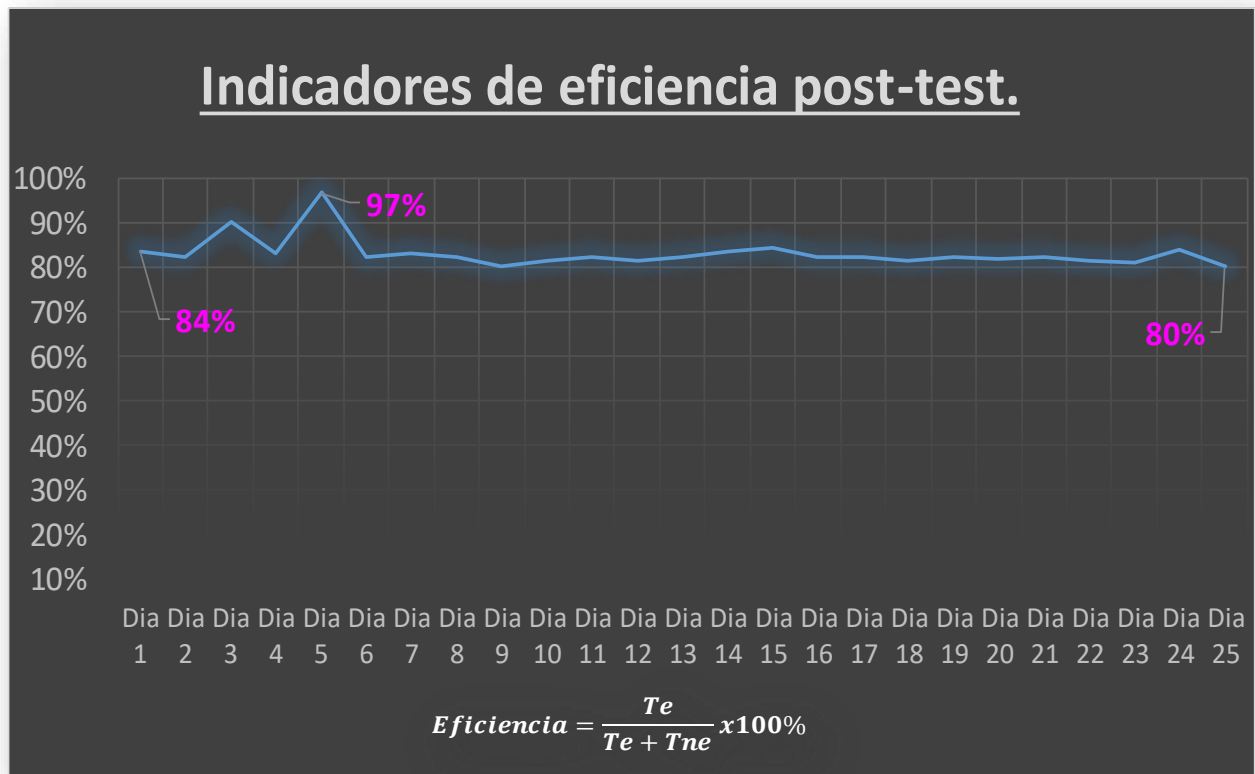
*Figura 57: Gráfico de tiempo efectivo y tiempo estándar post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

Tal como se puede observar en la figura 77 los picos más altos están compuestos 177 minutos de tiempo estándar y 145 de tiempo efectivo en el día 5 teniendo una desviación estándar de 32 minutos tomados para los tiempos de suplementos sin embargo en el día 25 del estudio se puede apreciar que el tiempo efectivo es de 120 minutos y 147 minutos en el tiempo estándar obteniendo una desviación estándar de 27 minutos para los suplementos en esa operación de soldadura, esto se debe a que los tiempos efectivos con tiempos estándares son constantes entre sí.

2.7.7.4. Examinamos eficiencia post-test.

La siguiente figura 58 son evidencia del registro post-test de la eficiencia después de haber aplicado la mejora en esta investigación en el cual observamos que los indicadores varían entre 80% y 97% en relación al tiempo programado en un día de trabajo obtenido a través de la razón

aritmética del tiempo efectivo entre el tiempo efectivo más el tiempo no efectivo multiplicado por el cien por ciento del resultado por lo que el día uno se resalta en ochenta y cuatro por ciento, el indicador más alto en el día cinco con el noventa y siete por ciento y luego pasando por los días seis hasta veinticinco de manera homogénea hasta terminar con el ochenta por ciento lo que se puede definir como totalmente favorable para la empresa.

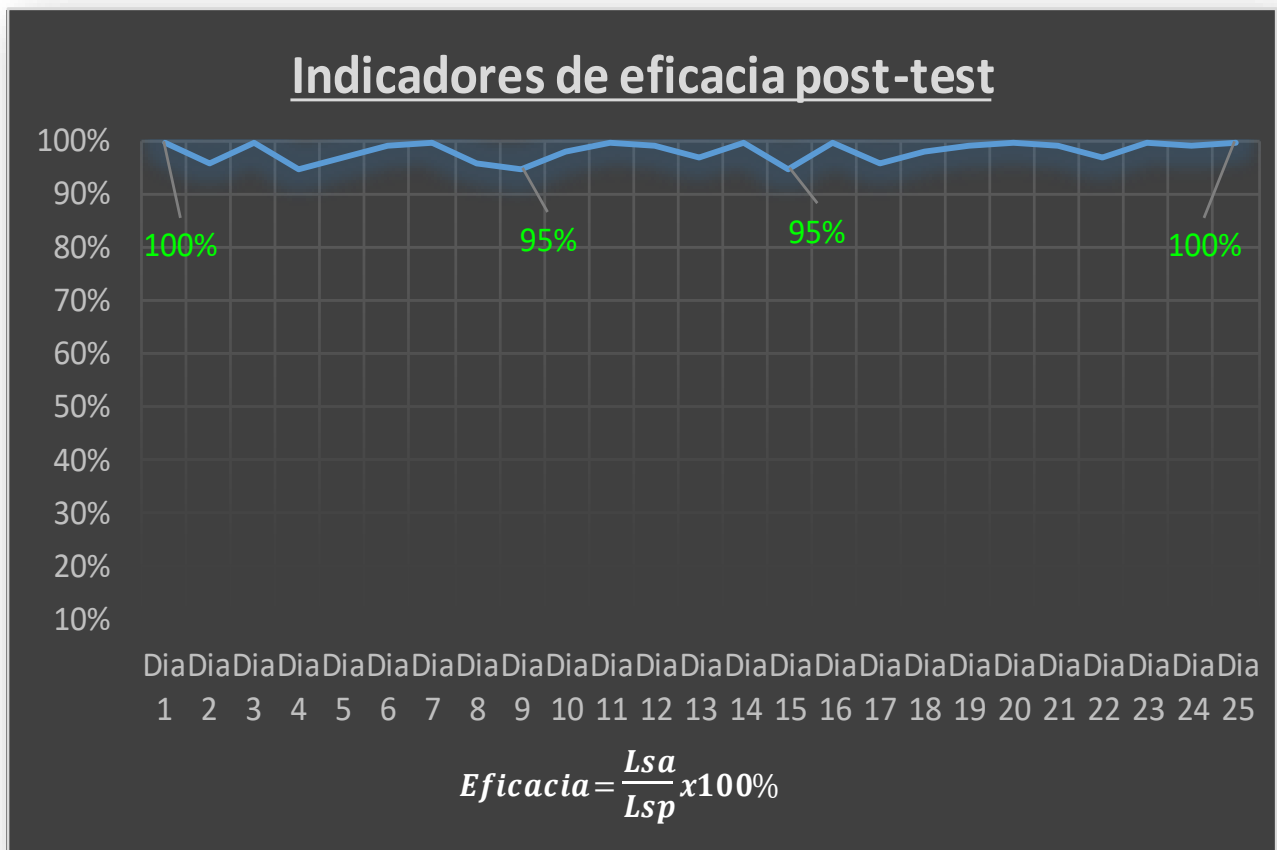


*Figura 58: Gráfico de eficiencia post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.7.5. Examinamos eficacia post-test.

Al igual que en la eficiencia, en la eficacia se puede observar resultados totalmente óptimos y favorables para la empresa obteniendo variaciones entre el noventaicinco y cien por ciento obtenidos a través del estudio de veinticinco días y determinados con la operación aritmética de la matriz de Operacionalización de variables. Donde la eficacia es igual a las longitudes de soldadura aceptadas entre longitudes de soldadura programadas por el cien por ciento.

De esta manera es posible determinar que la eficacia después de haber aplicado el nuevo método de trabajo corresponde a un nuevo estándar de producción para la empresa.

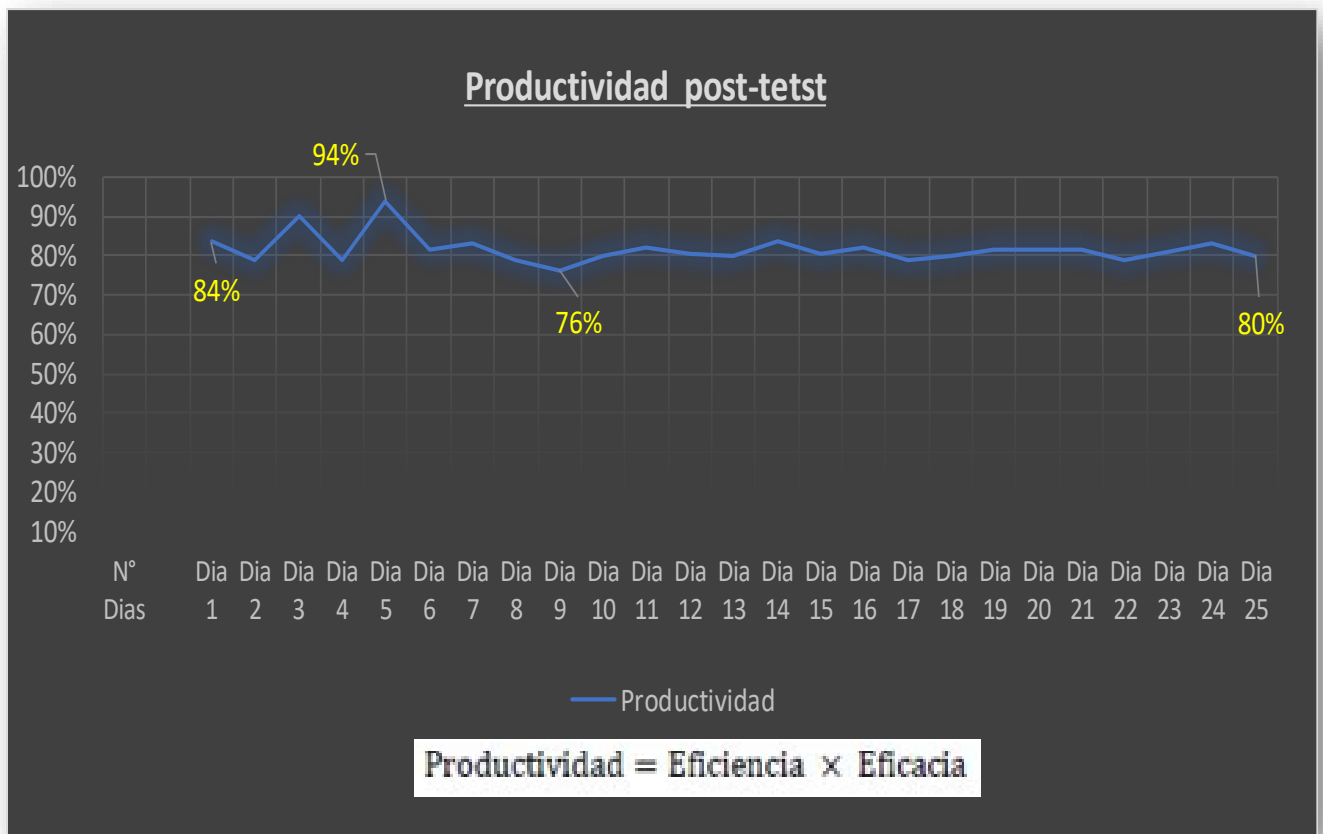


*Figura 59: Gráfico de eficacia post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.7.6. Examinamos productividad post-test.

Al obtener notables mejoras en los indicadores de la eficiencia y la eficacia, el índice de la productividad estará sujeto a una mejora considerable tal como nos muestra en la figura 60 Dónde podemos observar en el registro pos-test de la productividad tabla 31 que inicia en el día uno con el 84% por ciento de productividad y luego en el día cinco del estudio se registra el pico más alto de productividad con un indicador del noventaicuatro por ciento y un pico más bajo en el día nueve con setenta y seis por ciento de productividad para luego pasar por los días diez al veinticinco con indicadores homogéneos de setenta y seis a ochenta por ciento.

Es así como podemos determinar que a través de la razón aritmética indicado en la matriz de Operacionalización de variables para la productividad que es la multiplicación de los indicadores de eficiencia por la eficacia funciona para esta investigación posterior a la aplicación del nuevo método usado, arrojándonos indicadores favorables para la empresa.



*Figura 60: Gráfico de productividad post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

2.7.7.7. Examinamos DOP post-test.

Después de la aplicación del nuevo método de trabajo, seguido de la elaboración y evaluación de los registros post-test se procede a realizar el diagrama de operaciones de proceso. Donde nos evidencia que las cantidades de operaciones disminuyeron considerablemente hasta un total de catorce operaciones comprendidas de 9 operaciones, dos inspecciones, tres operaciones combinadas de operación e inspección.

De esta manera podemos determinar que el proceso de soldadura por arco sumergido es definitivamente favorable para la empresa debido a que por medio del estudio realizado obtenemos mayor eficiencia con menores operaciones, lo que reduce tiempos, extinguiendo casi en su totalidad los reprocesos y mejorando de esta manera la productividad.





| | | | | |
|---|---------------------------|--|---|--------------|
|  | | DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESOS DOP POST-TEST | | |
| EMPRESA | ESMETAL S.A.C. | RESUMEN | | |
| PRODUCTO | Junta de soldadura | ACTIVIDADES | SIMB. | CANT. |
| PROCESO | Soldadura SAW | Operación |  | 9 |
| ÁREA | Fabricaciones | Inspección |  | 2 |
| OBSERVADO POR | Marcos Pérez Guerra | Op. Combinada |  | 3 |
| MÉTODO | PRE-TEST POST-TEST | Σ T.total de Op. | | 14 |
| FECHA | 24/10/2018 | Long. de junta (m) | | 7 |

Tabla 32: Diagrama de operaciones de procesos post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.7.8. Examinamos DAP post-test.

El Diagrama de Análisis de Procesos post-test nos muestra en gran manera la reducción de la cantidad de movimientos de doscientos setenta y cinco movimientos pre-test a veinte movimientos pre-test y de quinientos nueve minutos de actividades que agregan valor a ciento cincuenta y seis minutos de actividades que agregan valor al proceso, de ocho pases de soldadura aplicados en la junta de soldadura a cinco pases de soldadura depositadas en la junta realizada. De esta manera se puede definir que el proceso nuevo de soldadura y el método nuevo de trabajo favorece en gran manera a la mejora de la productividad en el área de soldadura.

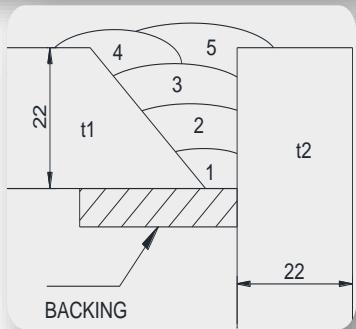






| DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO POST-TEST | | | |
|---|---|--------|--|
| RESUMEN | | | GRÁFICO DE JUNTA DE SOLDADURA |
| ACTIVIDADES | SIMB. | CANT. |  |
| Operación |  | 10 | |
| Inspección |  | 2 | |
| Demora |  | 1 | |
| Transporte |  | 0 | |
| Almacenamiento |  | 1 | |
| Op. combinada |  | 3 | |
| Total de movimientos | | 20 | |
| Tiempo total AAV (min) | | 156.18 | |

Tabla 33: Diagrama de análisis de procesos post-test.
Fuente: Elaboración propia.

2.7.7.9. Análisis económico financiero.

El análisis económico financiero de esta investigación está dividido en dos etapas, pre-test y post-test, cada una de ellas tiene dos formatos de costos realizados en el software Microsoft Excel. Donde se detalla los costos de equipos o herramientas, consumibles, servicios energéticos, mano de obra directa, el porcentaje de gastos generales asignados a cada hoja de costo y el margen de utilidad aplicado a cada uno de ellos, los gastos generales se comprenden de los costos administrativos o mano de obra indirecta y equipos de protección de seguridad industrial.

Los equipos y herramientas comprendidos en estas hojas de costos, son los equipos que intervienen directamente en el proceso y la asignación de su costo está indicado mediante el modo de alquiler de máquinas y equipos de soldar considerados como nuevos.

Los consumibles son aquellos productos que intervienen directamente en la ejecución del proceso, estos consumibles sufren transformación en el proceso de manera que algunos de ellos se combinan entre sí y otro simplemente desaparecen tales como los discos de amolar y los gases protectores.

El servicio indicado en esta investigación está basado en la energía eléctrica que consume de cada máquina durante el proceso de soldadura presentados en unidades de kilovatios por hora (kWh).

La mano de obra directa a la que se refiere en esta investigación está asignado directamente al operario soldador por lo que el caso de estudio es directo al proceso de soldadura de una junta armada de siete metros de longitud.

A continuación, se presentan las siguientes hojas de costos mostrados a detalle con precios en soles y en dólares a fin de ser útil para el posterior análisis del beneficio que se tendrá el costo de usar el nuevo método en el proceso de soldadura.

2.7.7.9.1. Costo del proceso antes de aplicar la mejora.


| | | | | | | |
|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
|  | | ESTUDIO DE COSTOS DE PROCESOS | | EMPRESA | ESMETAL S.A.C. | |
| | | | | ÁREA | PRODUCCIÓN | |
| SOLDEO DE VIGA CAJÓN PRE-TEST | | | | PROCESO | ARMADO Y SOLDEO | |
| | | | | ESPECIALIDAD | SOLDADURA | |
| | | | | PROYECTO | PUENTE JUAN PABLO II | |
| | | | | FECHA | 27-Abr-18 | |
| | | | | MÉTODO | PRE-TEST | POST-TEST |
| | | | | LONGITUD EFECTIVA | 7 METROS | |
| | | | | TIEMPO EFECTIVO | 424 MINUTOS | |
| | | | | ELEMENTO ANALIZADO | VIGA CAJÓN DE 7 METROS | |
| APLICADO PARA: | ESTUDIO <input checked="" type="checkbox"/> | COTIZACIÓN <input type="checkbox"/> | RESUPUESTO <input type="checkbox"/> | OTROS <input type="checkbox"/> | ANALISTA | MARCOS PÉREZ |
| ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO | | | | | | |
| COSTOS DIRECTOS | | | | DESCRIPCIÓN | % | MONTO US\$ MONTO S/. |
| DESCRIPCIÓN | MONTO US\$ | MONTO S/. | PORCENTAJE | TOTAL COSTO DIREC | 100% | \$ 354.95 S/ 1,181.98 |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | \$ 95.50 | S/ 318.00 | 27% | GASTOS GENERALES | 15% | \$ 116.97 S/ 389.51 |
| CONSUMIBLES | \$ 105.63 | S/ 351.75 | 30% | % UTILIDAD | 40% | \$ 141.98 S/ 472.79 |
| SERVICIOS | \$ 108.78 | S/ 362.23 | 31% | PLAZO DE EJECUCIÓN | | 1.00 |
| MANO DE OBRA DIRECTA | \$ 45.05 | S/ 150.00 | 13% | DÍAS OBSERVADOS | | 25 DÍAS |
| COSTOS DIRECTOS+VARIABLE | \$ 354.95 | S/ 1,181.98 | 100% | TIPO DE CAMBIO US\$ | | 3.33 |
| ENTREGABLES | | | | | | |
| PRESUPUESTO EN SOLES | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | SUBTOTAL | |
| | SOLDADURA DE VIGA CAJÓN | | | | | |
| 1.1 | SOLDADURA LINEAL DE 7 METROS | UND | 1.00 | S/ 1,181.98 | S/ | 1,181.98 |
| | | | | COSTO PRODUCCIÓN+UTILIDAD NETA | S/ | 1,654.77 |
| | | | | GASTOS GENERALES | 15% S/ | 116.97 |
| | | | | COSTO DE VENTA + IG | 18% S/ | 2,090.65 |
| PRESUPUESTO EN DOLARES | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | PRECIO UNTARIO | SUBTOTAL | |
| 1.1 | SOLDADURA LINEAL DE 7 METROS | UND | 1.00 | \$627.82 | \$627.82 | |
| | | | | TOTAL COSTO + IG | \$627.82 | |

Tabla 35: Hoja de resumen de costos pre-test.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 35 de la presente investigación el costo de venta para cada junta de soldadura realizada es de S/ 2,090.65 soles o \$627.82 dólares americanos incluido el impuesto general a las ventas correspondiente al año actual 2018.

2.7.7.9.2. Detalle de costo del proceso antes de aplicar la mejora.

| FORMATO DE COSTOS- ESTUDIO-PRE.TEST | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|------------------------------|------------|-----------------------------|-------------|---------------|----------------|-----------|
| ENTREG. N°01 | | SOLDADURA LINEAL DE 7 METROS | | | | | | |
| ANALISIS DEL SUB-PRESUPUESTO | | | | | | | | |
| COSTOS DIRECTOS | | | | DESCRIPCIÓN | % | MONTO US\$ | MONTO S/. | |
| DESCRIPCIÓN | MONTO S/. | MONTO US\$ | PORCENTAJE | TOTAL COSTO DIRECTO | 100% | \$ 354.95 | S/. 1,181.98 | |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | S/ 318.00 | \$ 95.50 | 27% | | | | | |
| CONSUMIBLES | S/ 351.75 | \$ 105.63 | 30% | TOTAL SUB-PRESUPUESTO | | \$ 354.95 | S/. 1,181.98 | |
| SERVICIOS | S/ 362.23 | \$ 108.78 | 31% | PLAZO DE EJECUCIÓN | | | 1.25 | |
| MANO DE OBRA DIRECTA | S/ 150.00 | \$ 45.05 | 13% | CANTIDAD DE DÍAS OBSERVADOS | | | 25 DÍAS | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | S/ 1,181.98 | \$ 354.95 | 100% | TIPO DE CAMBIO US\$ | | | 3.33 | |
| COSTOS DIRECTOS | | | | | | | | |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | U X DÍA(8H) S | TIEMPO DÍAS | SUBTOTAL |
| EQUIPOS | | | | | | | | |
| 1 | MÁQUINA DE SOLDAR LINCOLN INVERTEC V-350 + ALIMENTADOR FCAW-G | | | UND | 1.00 | S/ 300.00 | 1.00 | S/ 300.00 |
| 2 | AMOLADORA BOSH 4-1/2" | | | UND | 1.00 | S/ 10.00 | 1.00 | S/ 10.00 |
| 3 | LANZA LLAMA VICTOR+MANGUERAS+REGULADORES OX/ACET. | | | UND | 1.00 | S/ 5.00 | 1.00 | S/ 5.00 |
| HERRAMIENTAS | | | | | | | | |
| 1 | CARRITO PORTA MAQUINA Y CO 2 | | | UND | 1.00 | S/ 1.00 | 1.00 | S/ 1.00 |
| 2 | ALICATE UNIVERSAL | | | UND | 1.00 | S/ 1.00 | 0.00 | S/ - |
| 3 | ALICATE DE PINZA | | | UND | 1.00 | S/ 1.00 | 1.00 | S/ 1.00 |
| 4 | FLEXOMETRO STANLEY DE 8m | | | UND | 1.00 | S/ 1.00 | 1.00 | S/ 1.00 |
| | TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | | S/ | 318.00 |
| CONSUMIBLES | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PU S/. | TIEMPO DÍAS | SUBTOTAL |
| 1 | ROLLOS DE SOLDADURA EXATUB E-71T1 15 kg. | | | UND | 1.00 | S/ 110.00 | 1.00 | S/ 110.00 |
| 2 | BOTELLA DE CO2 10 kg. | | | UND | 1.00 | S/ 225.00 | 0.25 | S/ 56.25 |
| 2 | BOTELLA DE OXÍGENO 20 lt. | | | UND | 1.00 | S/ 100.00 | 0.25 | S/ 25.00 |
| 3 | GAS PROPANO 45 kg | | | UND | 1.00 | S/ 240.00 | 0.25 | S/ 60.00 |
| 3 | DISCO DE CORTE Y DESBASTE Ø 4-1/2"x1/4" | | | UND | 2.00 | S/ 6.00 | 1.00 | S/ 12.00 |
| 4 | CONSUMIBLES DE SOLDADURA: LINER, TOBERA, DIFUSOR, TIP. | | | UND | 2.00 | S/ 38.00 | 1.00 | S/ 76.00 |
| 5 | ANTISPATER | | | UND | 1.00 | S/ 50.00 | 0.25 | S/ 12.50 |
| | TOTAL CONSUMIBLES | | | | | | S/ | 351.75 |
| SERVICIOS | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PU S/. | CANT. HORAS | SUBTOTAL |
| 1 | ENERGIA ELECTRICA (MAQUINA DE SOLDAR + ESMERIAL) | | | kWh. | 95.00 | S/ 0.55 | 6.90 | S/ 362.23 |
| | TOTAL SERVICIOS | | | | | | S/ | 362.23 |
| MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | | | | |
| ÍTEM | MANO DE OBRA | | PERS. | H-H (DÍA) | CANT. (H-H) | TIEMPO DÍAS | PU S/. X DÍA H | SUBTOTAL |
| 1 | OPERARIO SOLDADOR | | 1.00 | 8.00 | 8.00 | 1.25 | S/ 120.00 | S/ 150.00 |
| | TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | | S/ | 150.00 |

Tabla 36: Detalle de costos pre-test.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.7.9.3. Costo del proceso aplicando el nuevo método.


| | | | | | | | |
|---|------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|
|  | | ESTUDIO DE COSTOS DE PROCESOS | | EMPRESA | ESMETAL S.A.C. | | |
| | | | | ÁREA | PRODUCCION | | |
| | | | | PROCESO | ARMADO Y SOLDEO | | |
| | | | | ESPECIALIDAD | SOLDADURA | | |
| SOLDEO DE VIGA CAJÓN POST-TEST | | | | PROYECTO | PUENTE JUAN PABLO II | | |
| | | | | FECHA | 29-Oct-18 | | |
| | | | | METODO | PRE-TEST | POST-TEST | |
| | | | | LONGITUD EFECTIVA | 7 METROS | | |
| | | | | TIEMPO EFECTIVO | 125 MINUTOS | | |
| | | | | ELEMENTO ANALIZADO | VIGA CAJÓN DE 7 METROS | | |
| APLICADO PARA: | | ESTUDIO <input checked="" type="checkbox"/> | COTIZACIÓN <input type="checkbox"/> | PRESUPUESTO <input type="checkbox"/> | OTROS <input type="checkbox"/> | ANALISTA | MARCOS PÉREZ |
| ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO | | | | | | | |
| COSTOS DIRECTOS | | | | DESCRIPCIÓN | % | MONTO US\$ | MONTO S/. |
| DESCRIPCIÓN | MONTO US\$ | MONTO S/. | PORCENTAJE | TOTAL COSTO DIRECTO | 100% | \$ 201.46 | S/. 670.85 |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | \$ 77.93 | S/. 259.50 | 39% | GASTOS GENERALES | 15% | \$ 116.97 | S/. 389.51 |
| CONSUMIBLES | \$ 67.34 | S/. 224.25 | 33% | % UTILIDAD | 81% | \$ 163.18 | S/. 543.39 |
| SERVICIOS | \$ 38.17 | S/. 127.10 | 19% | PLAZO DE EJECUCIÓN | | | 0.25 |
| MANO DE OBRA DIRECTA | \$ 18.02 | S/. 60.00 | 9% | DÍAS OBSERVADOS | | | 25 DÍAS |
| COSTO DIRECTOS+VARIAB | \$ 201.46 | S/. 670.85 | 100% | TIPO DE CAMBIO US\$ | | | 3.33 |
| ENTREGABLES | | | | | | | |
| PRESUPUESTO EN SOLES | | | | | | | |
| ITEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | SUBTOTAL |
| 1.1 | SOLDADURA LINEAL DE 7 METROS | | | UND | 1.00 | S/ 670.85 | S/ 670.85 |
| | | | | COSTO PRODUCCIÓN | | | S/ 1,214.23 |
| | | | | GASTOS GENERALES | | 15% | S/ 116.97 |
| | | | | COSTO DE VENTA + IGV | | 18% | S/ 1,570.82 |
| PRESUPUESTO EN DOLARES | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PRECIO UNTARIO | SUBTOTAL |
| 1.1 | SOLDADURA LINEAL DE 7 METROS | | | UND | 1.00 | \$ 471.72 | \$ 471.72 |
| | | | | IGV 18% | | | \$ 84.91 |
| | | | | TOTAL COSTO + IGV | | | \$ 556.63 |

Tabla 37: Hoja de costos post-test.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 37 nos muestra los costos de producción del proceso de soldadura aplicando el nuevo método de trabajo en Dónde se observa una reducción notoria del costo venta en S/1,570.82 soles o \$556.63 dólares americanos incluidos los gastos generales, la utilidad esperada y el impuesto general a las ventas correspondiente al año presente.

2.7.7.9.4. Detalle de costo del proceso aplicando el nuevo método.

| FORMATO DE COSTOS- ESTUDIO-POST.TEST | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------------------------------|------------|-----------------------------|-------------|--------------|---------------|-----------|
| ENTREG. N°02 | | SOLDADURA LINEAL DE 7 METROS | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| ANÁLISIS DEL SUB-PRESUPUESTO | | | | | | | | |
| COSTOS DIRECTOS | | | | DESCRIPCIÓN | % | MONTO US\$ | MONTO S/. | |
| DESCRIPCIÓN | MONTO S/. | MONTO US\$ | PORCENTAJE | TOTAL COSTO DIRECTO | 100% | \$ 201.46 | S/. 670.85 | |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | S/ 259.50 | \$ 77.93 | 39% | | | | | |
| CONSUMIBLES | S/ 224.25 | \$ 67.34 | 33% | TOTAL SUB-PRESUPUESTO | | \$ 201.46 | S/. 670.85 | |
| SERVICIOS | S/ 127.10 | \$ 38.17 | 19% | PLAZO DE EJECUCIÓN | | | 0.50 | |
| MANO DE OBRA DIRECTA | S/ 60.00 | \$ 18.02 | 9% | CANTIDAD DE DÍAS OBSERVADOS | | | 25 DÍAS | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | S/ 670.85 | \$ 201.46 | 100% | TIPO DE CAMBIO US\$ | | | 3.33 | |
| COSTOS DIRECTOS | | | | | | | | |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PU X DÍA(8H) | TIEMPO DÍAS | SUBTOTAL |
| EQUIPOS | | | | | | | | |
| 1 | MAQUINA DE SOLDAR LINCOLN IDEALARC DC600 + TRACTOR LT-7 | | | UND | 1.00 | S/ 500.00 | 0.50 | S/ 250.00 |
| 2 | AMOLADORA BOSH 4-1/2" | | | UND | 1.00 | S/ 10.00 | 0.50 | S/ 5.00 |
| 3 | LANZA LLAMA VICTOR+MANGUERAS+REGULADORES OX/ACET. | | | UND | 1.00 | S/ 5.00 | 0.50 | S/ 2.50 |
| HERRAMIENTAS | | | | | | | | |
| 2 | ALICATE UNIVERSAL | | | UND | 1.00 | S/ 1.00 | 0.00 | S/ - |
| 3 | ALICATE DE PINZA | | | UND | 1.00 | S/ 1.00 | 1.00 | S/ 1.00 |
| 4 | FLEXOMETRO STANLEY DE 8m | | | UND | 1.00 | S/ 1.00 | 1.00 | S/ 1.00 |
| | TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | | | S/ 259.50 |
| CONSUMIBLES | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PU S/. | T. UTIL DÍAS | SUBTOTAL |
| 1 | ROLLOS DE SOLDADURA OK OUTROD 12.10 25 kg. | | | UND | 1.00 | S/ 160.00 | 0.50 | S/ 80.00 |
| 2 | FUNDENTE OK-FLUX | | | UND | 1.00 | S/ 225.00 | 0.13 | S/ 29.25 |
| 2 | BOTELLA DE OXÍGENO 20 lt. | | | UND | 1.00 | S/ 100.00 | 0.25 | S/ 25.00 |
| 3 | GAS PROPANO 45 kg | | | UND | 1.00 | S/ 240.00 | 0.25 | S/ 60.00 |
| 3 | DISCO DE CORTE Y DESBASTE Ø 4-1/2"X1/4" | | | UND | 2.00 | S/ 6.00 | 1.00 | S/ 12.00 |
| 4 | CONSUMIBLES DE SOLDADURA: TOBERA, DIFUSOR, TIP. | | | UND | 1.00 | S/ 90.00 | 0.20 | S/ 18.00 |
| | TOTAL CONSUMIBLES | | | | | | | S/ 224.25 |
| SERVICIOS | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCION | | | UND | CANTIDAD | PU S/. | CANT. HORAS | SUBTOTAL |
| 1 | ENERGÍA ELECTRICA (MAQUINA DE SOLDAR + AMOLADORA) | | | kWh. | 115.00 | S/ 0.55 | 2.00 | S/ 127.10 |
| | TOTAL SERVICIOS | | | | | | | S/ 127.10 |
| MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | | | | |
| ÍTEM | MANO DE OBRA | | PERS. | H-H (DÍA) | CANT. (H-H) | DÍAS H. | PU S/. X DÍAS | SUBTOTAL |
| 1 | OPERARIO SOLDADOR | | 1.00 | 8.00 | 8.00 | 0.50 | S/ 120.00 | S/ 60.00 |
| | TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | | | S/ 60.00 |

Tabla 38: Detalle de costos post-test.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.7.10. Eficiencia de deposición de soldadura FCAW-G vs. SAW.

En este apartado de la presente investigación se pretende evidenciar una de las razones más importantes por la que el nuevo método tecnológico de soldadura implantado es definitivamente beneficioso y rentable para empresa, se trata de la eficiencia de depósito o tasa de deposición de soldadura la cual se puede observar en la siguiente tabla brindada por la compañía fabricante de soldadura ESAB.

La siguiente tabla nos muestra en la columna izquierda los procesos de soldadura eléctricos más usados en la industria de la soldadura, empezando desde el proceso convencional SMAW (Shield Manual Arc Welding) o (arco manual con soldadura revestida) con una tasa de deposición de entre 55% a 70% dependiendo de la longitud de la varilla de soldadura usada en ese momento, luego se menciona el proceso de soldadura GTAW (Gased Tungsten Arc Welding) o (soldadura por arco de tungsteno gaseado) en rubro metalmecánico es conocido como TIG aludiendo a Tungsteno con gas inerte, este proceso comprende de una tasa de deposición de 99% lo cuales evidentemente alta pero en esta investigación se determinó que sería viable mediante una análisis de variables especiales de soldadura tal como velocidad de avance además del altos costos de las varillas consumibles, gas de protección y mano de obra que demanda este proceso, esto quiere decir que mediante un análisis previo de costo-beneficio se ha descartado como propuesta de mejora para esta investigación.

En las líneas continuas se describe a los procesos semiautomáticos GMAW (Gased Manual Arc Welding) o (Soldadura Manual con Arco Gaseado) en cual tiene un funcionamiento básicamente de la alimentación semiautomática de un alambre solido de determinado diámetro controlado por el operario soldador a través de su equipo de soldar, este alambra en contacto con el material base forman el arco de soldadura siempre protegido por una atmosfera gaseosa suministrada a través de la misma antorcha de soldadura, al no comprender de un fundente granulado adicional exterior o de un núcleo de fundente en el alambre este proceso no genera escoria lo cual le permite una deposición de soldadura de 90% hasta el 98% sin embargo a pesar de tener una alta eficiencia en el depósito, su aplicación sigue siendo manual semiautomático, esto quiere decir que será operado a través de un soldador en el mismo escenario que el proceso de soldadura usado antes de aplicar la mejora, dicho de otra manera, los tiempos y movimientos serán de ratios similares además que no se ha considerado GMAW porque las propiedades mecánicas que brinda su composición química no superan las expectativas requeridas para los tipos de esfuerzos mecánicos que estarán sometidos las vigas cajones en la construcción del puente.

Eficiencia de Deposición

| <i>Proceso de Soldadura</i> | <i>Eficiencia de Deposición</i> |
|--|---------------------------------|
| <i>SMAW, Electrodo de 14" (356 mm)</i> | 55 a 65 % |
| <i>SMAW, Electrodo de 18" (457 mm)</i> | 60 a 70 % |
| <i>GTAW</i> | 99 % |
| <i>GMAW, Alambre Sólido</i> | 90 a 97 % |
| <i>GMAW, Alambre Metal Cored</i> | 92 a 98 % |
| FCAW | 78 a 86 % |
| SAW | 90 a 100 % |


*Tabla 39: Eficiencia de deposición de soldadura.
Fuente: Elaboración propia.*

En las siguientes descripciones nos muestra el proceso también semiautomático manual FCAW-G (Flux Core Arc Welding) o (Arco de Soldadura con Núcleo de Fundente) el cual ya estudiamos el comportamiento operativo en tiempos y movimientos, en la tabla 39 nos indica que la eficiencia de deposición en de 78% a 86%, esto se debe a que intrínsecamente en núcleo de fundente que es parte del mismo material aporte se convierte en escoria al formar la protección del arco de soldadura los cuales son eliminados en su proceso de limpieza para inspección.

Finalmente, la tabla 39 nos muestra el proceso de soldadura propuesta para la mejora de la productividad en este tipo de componentes metálicos considerado entre 90% y 100% de eficiencia de deposición, sin duda la más alta entre las opciones y esto se debe a que el metal aporte o alambre sólido es fundido, formado y adherido íntegramente con el material base dejando al fundente granulado hacer su trabajo de protección del arco, aporte de propiedades mecánicas y formador de la apreciada presentación que nos deja este proceso por lo que mediante decisión se puso a prueba para la mejora de productividad en esta investigación.

2.7.7.11. Análisis costo-beneficio.

En el presente apartado de esta investigación se pondrá en evidencia cuantitativa el beneficio que se obtiene frente al costo aplicado usando el nuevo método de trabajo y para ello se muestra las siguientes tablas de comparación de costos antes y después de la mejora.

|  | | Estudio de costos por Día pre-test. | | | | |
|---|--|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | Método: | PRE-TEST | POS-TEST | Inicio: | 5/03/2018 |
| Analista: | Marcos Pérez | Proceso: | Soldadura FCAW-G | | Termino: | 10/04/2018 |
| N° DÍAS | Cantidad de juntas soldadas de 7 metros aceptadas. | T. efectivo en min | T. efectivo en Hrs. | Costo | Ingreso | Margen de contribución |
| Día 1 | 1 | 422 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 2 | 1 | 422 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 3 | 1 | 426 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 4 | 1 | 430 | 7.2 | S/ 1,197.73 | S/ 2,116.67 | S/ 918.94 |
| Día 5 | 1 | 421 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 6 | 1 | 429 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 7 | 1 | 436 | 7.3 | S/ 1,202.98 | S/ 2,125.34 | S/ 922.36 |
| Día 8 | 1 | 420 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 9 | 1 | 423 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 10 | 1 | 426 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 11 | 1 | 428 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 12 | 1 | 424 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 13 | 1 | 422 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 14 | 1 | 422 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 15 | 1 | 426 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 16 | 1 | 427 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 17 | 1 | 427 | 7.1 | S/ 1,192.48 | S/ 2,108.00 | S/ 915.52 |
| Día 18 | 1 | 432 | 7.2 | S/ 1,197.73 | S/ 2,116.67 | S/ 918.94 |
| Día 19 | 1 | 435 | 7.3 | S/ 1,202.98 | S/ 2,125.34 | S/ 922.36 |
| Día 20 | 1 | 420 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 21 | 1 | 417 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 22 | 1 | 413 | 6.9 | S/ 1,181.98 | S/ 2,090.65 | S/ 908.67 |
| Día 23 | 1 | 415 | 6.9 | S/ 1,181.98 | S/ 2,090.65 | S/ 908.67 |
| Día 24 | 1 | 415 | 6.9 | S/ 1,181.98 | S/ 2,090.65 | S/ 908.67 |
| Día 25 | 1 | 417 | 7.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| TOTAL | 25 | | | S/ 29,759.50 | S/ 75,467.04 | S/ 22,853.77 |

*Tabla 40: Estudio de costos pre-test por día.
Fuente: Elaboración propia.*


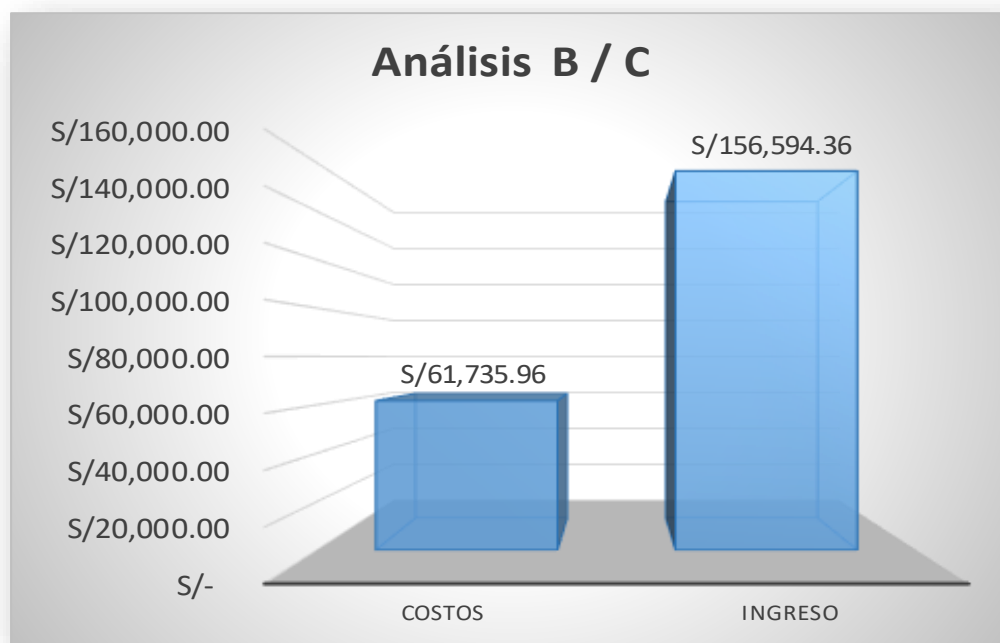
|  | | Estudio de costos por Día post-test. | | | | |
|---|--|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| Empresa: | Esmetal S.A.C | Método: | PRE-TEST | POS-TEST | Inicio: | 17/09/2018 |
| Analista: | Marcos Pérez | Proceso: | Soldadura SAW | | Termino: | 22/10/2018 |
| N° DÍAS | Cantidad de juntas soldadas de 7 metros aceptadas. | T. efectivo en min. | T. efectivo en Hrs. TOTAL | Costo | Ingreso | Margen de contribución |
| Día 1 | 2 | 126 | 4.2 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 2 | 2 | 123 | 4.1 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 3 | 3 | 135 | 6.8 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 4 | 3 | 125 | 6.2 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 5 | 3 | 145 | 7.3 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 6 | 1 | 123 | 2.1 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 7 | 2 | 125 | 4.2 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 8 | 3 | 123 | 6.2 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 9 | 1 | 120 | 2.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 10 | 2 | 122 | 4.1 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 11 | 3 | 124 | 6.2 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 12 | 2 | 122 | 4.1 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 13 | 2 | 124 | 4.1 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 14 | 3 | 126 | 6.3 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 15 | 2 | 127 | 4.2 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 16 | 1 | 123 | 2.1 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 17 | 3 | 123 | 6.2 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 18 | 1 | 122 | 2.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 19 | 1 | 123 | 2.1 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 20 | 1 | 123 | 2.0 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 21 | 1 | 124 | 2.1 | S/ 1,187.23 | S/ 2,099.33 | S/ 912.10 |
| Día 22 | 2 | 122 | 4.1 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 23 | 3 | 122 | 6.1 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| Día 24 | 2 | 126 | 4.2 | S/ 2,374.46 | S/ 4,198.66 | S/ 1,824.20 |
| Día 25 | 3 | 120 | 6.0 | S/ 3,561.69 | S/ 6,297.99 | S/ 2,736.30 |
| TOTAL | 52 | | | S/ 61,735.96 | S/ 156,594.36 | S/ 47,429.20 |

Tabla 41: Estudio de costos post-test por día.

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 61: Comparación costo pre-test post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

Seguido a la presentación de las tablas de costos por día y márgenes de contribución, se presenta la figura 61 Dónde se expresan los ingresos totales y los costos totales invertidos en la aplicación del nuevo método de trabajo y de esa manera poder poner en marcha la relación B/C Dónde:

$$\text{Relación Beneficio / Costo (B / C)} = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{Costos totales}} = \frac{\text{S/ 156,594.50}}{\text{S/ 61,735.96}} = \text{S/ 2.54}$$

El criterio tomado para plantear esta relación B/C está en base a la regla general del beneficio económico que se obtendrá mediante un costo de inversión en Dónde:

$B / C = 1$ Esta igualdad significa que el costo es igual al beneficio entonces no tendrá caso ser tomado para el proyecto en cuestión.

$B / C < 1$ Esta relación nos indica que el coste de inversión es mayor que el beneficio que se va a producir por lo que sería una pérdida completa tomar caso de ella.

$B / C > 1$ Sin embargo esta relación es la esperada Dónde el beneficio obtenido será mayor al coste invertido, por lo tanto, este costo deberá ser tomado para el proyecto a realizarse.

| ANÁLISIS BENEFICIO / COSTO | | | | | |
|---|------------|--------------|----------------------------------|------------|---------------|
| MES ABRIL / PRE-TEST | | | MES OCTUBRE / POST-TEST | | |
| JUNTA DE SOLDADURA REALIZADAS ACEPTADAS | | | | | |
| PROGRAMADAS | REALIZADAS | ACEPTADAS | PROGRAMADAS | REALIZADAS | ACEPTADAS |
| 63 | 38 | 25 | 64 | 64 | 52 |
| PRODUCTIVIDAD | | 40.25% | PRODUCTIVIDAD | | 81.70% |
| Margen de contribución pre-test | | S/ 22,853.77 | Margen de contribución post-test | | S/ 47,429.20 |
| Costo de la aplicación de la ingeniería de métodos (ver tabla 16) | | | | | S/ 6,944.50 |
| Ingresos totales. | | | | | S/ 156,594.36 |
| Costos totales. | | | | | S/ 61,735.96 |
| Utilidad neta obtenida. | | | | | S/ 40,484.70 |
| Relación Beneficio - Costo. | | | | | S/ 2.54 |

*Tabla 42: Relación beneficio-costo.
Fuente: Elaboración propia.*

De igual manera la tabla 42 nos muestra las cantidades de juntas de soldaduras programadas, realizadas y aceptadas con su índice de productividad incrementado en 42% con el nuevo método de trabajo y su margen de contribución antes y después siendo la utilidad neta ganada de S/ 40,484.70 soles o \$ 12,270.68 de manera que la relación de beneficio-costo nos indica que por cada S/ 1,00 sol invertido aplicando este nuevo método la empresa obtendrá como retorno invertido la utilidad neta S/ 2,54 soles lo que siendo mayor a 1 (uno) es aceptado y ejecutado para este proyecto.

2.7.8. Etapa 7 del desarrollo de la propuesta – Implantar.

La implantación de la propuesta de mejora se puso en desarrollo a través del presente estudio de investigación usando la aplicación que las ocho etapas de la Ingeniería de Métodos nos brindan y que en esta investigación pretende mejorar la productividad en el área de soldadura mediante la inserción de un nuevo método de trabajo que nos permita hacer más en menos tiempo conocido como el proceso de soldadura por arco sumergido y en ese sentido se evidencia que la puesta en marcha a través de las siguientes imágenes.

2.7.9. Etapa 8 del desarrollo de la propuesta – Controlar.

Esta es la etapa final del presente estudio el cual se presenta el control de las causas que originan la baja productividad según los resultados del análisis inicial del diagrama de Pareto (ver figura 5) Dónde el 20% de las causas son vitales nos lleva a mantener control sobre la mejora propuesta y ejecutada en esta investigación las cuales serán mencionadas a continuación con su respectivo registro de imagen.



*Figura 62: Calificación de soldadura antes y después.
Fuente: Elaboración propia.*

a.- Falta de experiencia para juntas de penetración completa.

La falta de experiencia para soldeo de juntas de penetración completa es la primera causa representada en el diagrama de Pareto con una frecuencia absoluta acumulada de 10 pero representa el menor porcentaje de la frecuencia relativa acumulada con el 20% y la manera de poner a prueba la experiencia requerida es a través de probar las aptitudes del soldador mediante un cupón de soldadura antes de poner a soldar a un operario los elementos a producir, en la figura 61 nos muestra el tipo de prueba que se realizaba antes de la implantación de la mejora y la prueba realizada después de la implantación de la mejora. De esta manera se podrá controlar si el soldador cuenta con previa experiencia o no para operar el nuevo proceso sobre las vigas cajón a la que puso en estudio.

b.- Fabricación inadecuada de juntas a soldar.

La fabricación inadecuada de juntas a soldar fue uno de las causas más evidentes durante la etapa de análisis de causas mostrándose con el 37% de las causas vitales en el diagrama de Pareto, después de la implementación de la mejora se exigió el correcto armado de manera que no se procede a soldar si la junta de soldar no cumple con la abertura de raíz correspondiente a 6 milímetros tal como de muestra en la imagen después. Es así como se logra controlar esta causa que generaba tiempos muertos y movimientos excesivos generando más costos al proceso.



*Figura 63: Junta de soldadura armada antes y después.
Fuente: Elaboración propia.*

c.- Deficiente control de defectos visuales de soldadura.

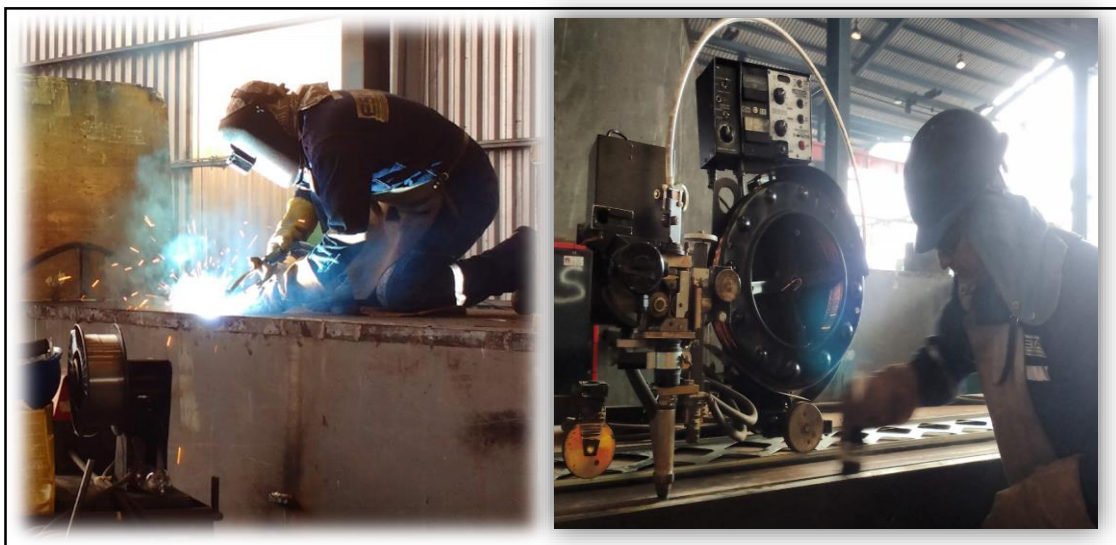
El deficiente control de defectos visuales de soldadura es la tercera causa presentada en el gráfico de Pareto con el 53% de las causas vitales, tal como se puede observar en la figura 64, la imagen (antes) presenta serios defectos de soldadura en los pases de presentación, al aplicar la mejora en el proceso de soldadura, estos tipos de defectos en la presentación de soldadura fueron erradicados debido a que el proceso de soldadura por arco sumergido aplicado correctamente es de mejor presentación tal como se observa en la imagen después. Es así como se logra controlar esta causa que originaba la baja productividad en el proceso de soldadura de las vigas cajón para la construcción del puente Juan Pablo II.



*Figura 64: Presentación de soldadura antes y después.
Fuente: Elaboración propia.*

d.- Falta de capacitación en el código para soldadura de puentes

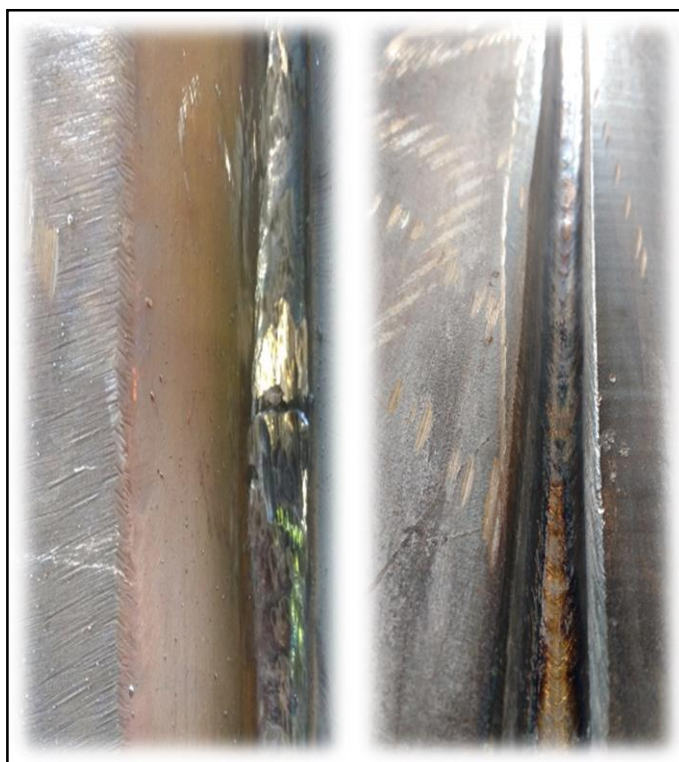
La falta de capacitación en soldadura para puentes ha sido una de las causas debido a que el código con el cual se libera las estructuras para puentes es más exigente que el código de soldadura para estructuras de edificaciones y esto fue notorio en la etapa previa al estudio de posibles causas, sin embargo esta causa ha ido mejorando a través de la divulgación de información en campo mediante los supervisores de producción de manera que al momento de aplicar la mejora ya se tenía a los operadores concientizados sobre la estructura en construcción, es así como se logra controlar esta causa presentada con el 67% en el diagrama de Pareto.



*Figura 65: Soldadores en capacitación operativa.
Fuente: Elaboración propia.*

e.- Incumplimiento del procedimiento de soldadura WPS.

El incumplimiento del procedimiento de soldadura fue una de las causas notadas a través de la observación directa de los procesos en la etapa pre-selección del estudio presentado en el diagrama de Pareto con el 78% de las causas vitales, el control de esta causa bajó después de la divulgación organizacional de esta posible causa en Dónde debido a las causas anteriormente nombradas como la falta de experiencia y la falta de capacitación fue evidente que tampoco se respetaba los parámetros y variables esenciales mostrados en el WPS por los operarios de soldadura usado en el pre-test.



*Figura 66: Deposición de soldadura de relleno, antes y después.
Fuente: Elaboración propia.*

La imagen mostrada en la figura 66 se muestra un antes de las deposiciones de soldadura en cada parada de cada segmento de soldadura ejecutado de manera manual, esto provocaba discontinuidades por empalmes mal realizados tal como se observa en la imagen de la izquierda, sin embargo, al aplicar en nuevo método de trabajo no se observa paradas o empalmes por lo que la operación es directa y de alimentación continua. La manera de controlar esta causa fue tomada con la generación de un nuevo WPS para que rigen los parámetros y variables esenciales en la aplicación del nuevo proceso de soldadura por arco sumergido tal como se muestra en la siguiente imagen.

| ESMETAL IMECON | | FORMATO ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | Código: CC-RG-28 | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--|------------|---|---------------------------------|---|---|---------|---------|--------|-----------------|---|------|------|------------|
| | | | | Fecha de Emisión: 11/03/19 Versión: 01 Pág. 1/1 | | | | | | | | | | | |
| Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) <input checked="" type="checkbox"/> Pre-Calificado <input checked="" type="checkbox"/> Calificado por Ensayo <input type="checkbox"/> Registro de Calificación de Procedimiento (PQR) <input type="checkbox"/> Código de Fabricante: AWS D1.1 2015 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nombre de la Compañía: ESMETAL S.A.C. Proceso(s) de Soldadura: SAW | | Identificación #: E-SAW-14 Revisión: 1 | | Fecha: 18/01/2021 Autorizado por: LUIS E. MUÑOZ | | | | | | | | | | | |
| Número(s) PQR de Soporte: — Diseños de Junta Utilizados: Tipo: JO-Una-B Individual <input checked="" type="checkbox"/> Doble Soldadura <input type="checkbox"/> Refuerzo: SI <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Material de Refuerzo: ASTM A36 Abertura de Rizo: 8mm (±2,0) Dimension de Codo de Rizo: — Ángulo de Canal: 45° (+15°, -5°) Radio (J-U): — Reducción de Rizo: SI <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Método: — Métodos Base: Especificación de Material: GRUPO I Y GRUPO II Tipo o Grupo: — Espesor de Canal: 12mm a (límite) Fila: — Diámetro Tobo: — | | Autorizado por: LUIS E. MUÑOZ Tipo: Manual <input type="checkbox"/> Semiautomático <input type="checkbox"/> Máquina <input checked="" type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> Posición: Posición de Canal: PLANA Fila: — Posición Vertical: Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/> Características Especiales: Modo Transferencia (FGAW): Corto Circuito <input type="checkbox"/> Góndola <input type="checkbox"/> Spool <input type="checkbox"/> Corriente: ACO <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> Pulsado <input type="checkbox"/> Dea: — Electrodo de Tungsteno (GTAW): — Tamaño: — Tipo: — | | Técnica: Corriente Entrecorriente o Ondulada: Estrecho Multipase o Pase Individual (por lado): Multiple <input checked="" type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Número de Electrodo: 4 Separación de Electrodo: Longitudinal: — Lateral: — Ángulo: — Tubo de Contacto a Distancia de Trabajo: 18-21mm Intelecto: — Líneas de Intelecto: Rectificado y/o Removido | | | | | | | | | | | |
| Protección: Fundente: F782-EM12K Gas: — Composición: — Electrodo-Fundente (Clase): — Tasa de Flujo: — Tamaño de Codo de Gas-B: — | | Pre-calentamiento: Temp. Min de Pre-calentamiento: 10°C (20°C a 28mm) / 15°C (30°C a 40mm) / 15°C (a +65) Temp. Min: 10°C (20°C a 28mm) / 15°C (30°C a 40mm) / 15°C (a +65) de: C/38°C a 40mm Interpase: 110°C (a +65) | | Luis Enrique Muñoz Tuesta CVM 15122451 OCT 18/01/2021 | | | | | | | | | | | |
| Procedimiento de Soldadura | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pase o capa(s) de Soldadura | Proceso | Material de Aporte | | Corriente | Velocidad de Recorrido (mm/min) | | | | | | | | | | |
| | | Clase | Diám. (mm) | Tipo y Polaridad | Amperaje (A) | | | | | | | | | | |
| 1 | SAW | F782-EM12K | 4 | DCEP | 400-600 | | | | | | | | | | |
| 2 o n | SAW | F782-EM12K | 4 | DCEP | 400-600 | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>n</th> <th>g</th> <th>T1 (mm)</th> <th>T2 (mm)</th> <th>R (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45° (+10°, -0°)</td> <td>—</td> <td>12-U</td> <td>12-U</td> <td>8mm (±2,0)</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | n | g | T1 (mm) | T2 (mm) | R (mm) | 45° (+10°, -0°) | — | 12-U | 12-U | 8mm (±2,0) |
| n | g | T1 (mm) | T2 (mm) | R (mm) | | | | | | | | | | | |
| 45° (+10°, -0°) | — | 12-U | 12-U | 8mm (±2,0) | | | | | | | | | | | |
| De acuerdo con la tabla 3.5.9 Requisitos del WPS Pre-Calificado: Máximo ancho de canal de raíz: 4mm (límite) Divis. Casos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autorizado por: LUIS E. MUÑOZ By: Luis Muñoz Tuesta Jefe de Calidad ESMETAL S.A.C. | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 67: WPS para soldadura por arco sumergido.
Fuente: Elaboración propia.

III. DISCUSIÓN

3.1. Análisis comparativo.

En este apartado se pondrá en evidencia la mejora obtenida a través del desarrollo de la presente investigación con gráficos representativos que incluyen datos extraídos de las tablas elaboradas en la recolección de datos.

3.1.1. Análisis comparativo de la variable independiente Ingeniería de Métodos.

A continuación, se presenta el análisis comparativo de las dimensiones correspondientes a la ingeniería de métodos los cuales se dividen en dos, el estudio de métodos y la medición del trabajo de acuerdo con la tabla de Operacionalización de variables mencionado en el capítulo dos de la presente investigación.

3.1.1.1. Análisis comparativo de la dimensión estudio de métodos.

El estudio de la dimensión del Estudio de Métodos empieza desde la investigación de operaciones, sus cantidades ejecutadas y las cantidades de actividades que agregan valor al proceso de soldadura.

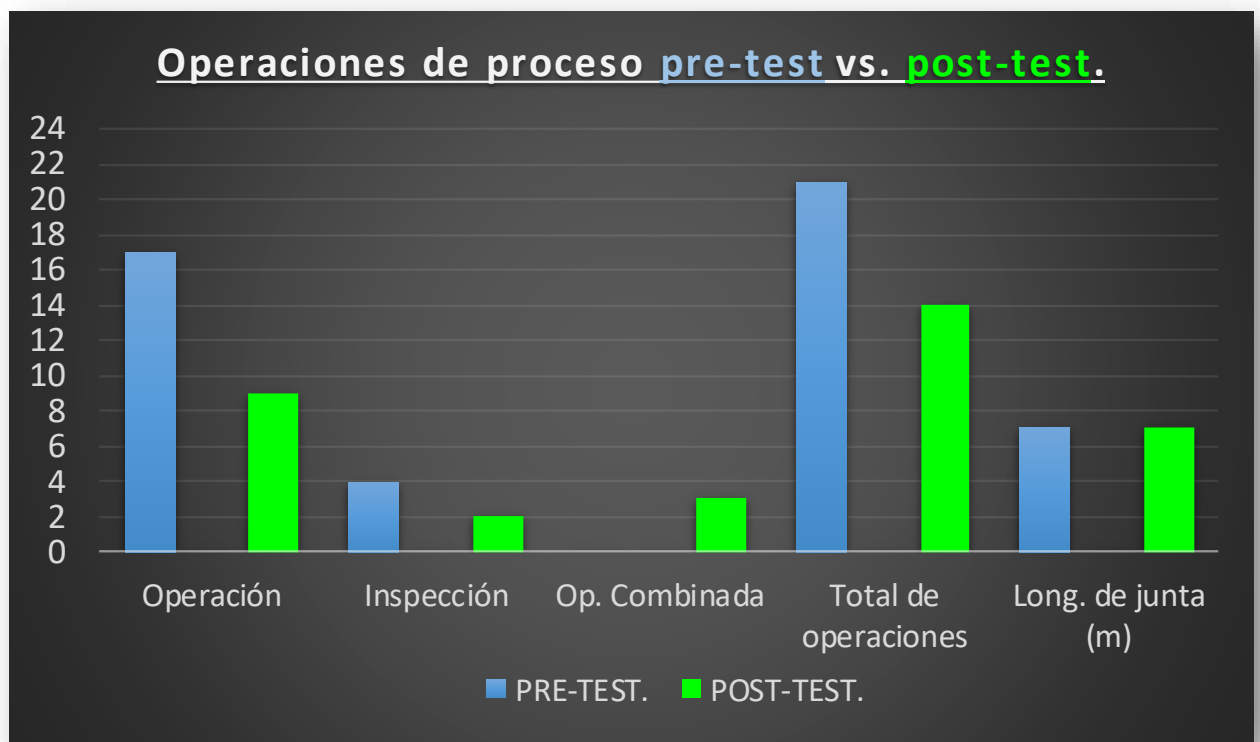
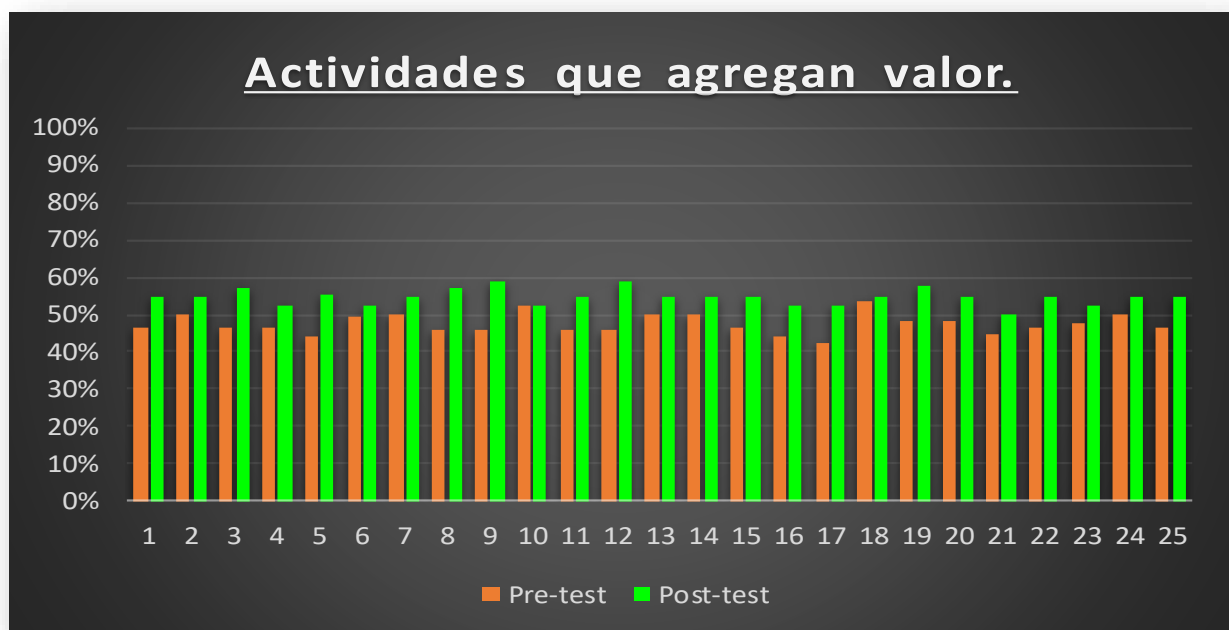


Figura 68: Comparación DOP antes y después.
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 68 nos muestra las cantidades de operaciones, inspecciones, operaciones combinadas y longitud de juntas de soldadura realizada marcando estas diferencias relevantes. Las operaciones se han reducido de 17 a 9 disminuyendo en 8, las inspecciones se han reducido de 4 a 2 reduciendo 2 inspecciones, además de ello se crear 3 combinaciones de proceso en el post-estudio y todo esto en las mismas longitudes efectivas ejecutadas que es siete metros de longitud de soldadura aplicados en la misma configuración de junta. De esta manera la aplicación del estudio de métodos contribuye en la mejora de la productividad.

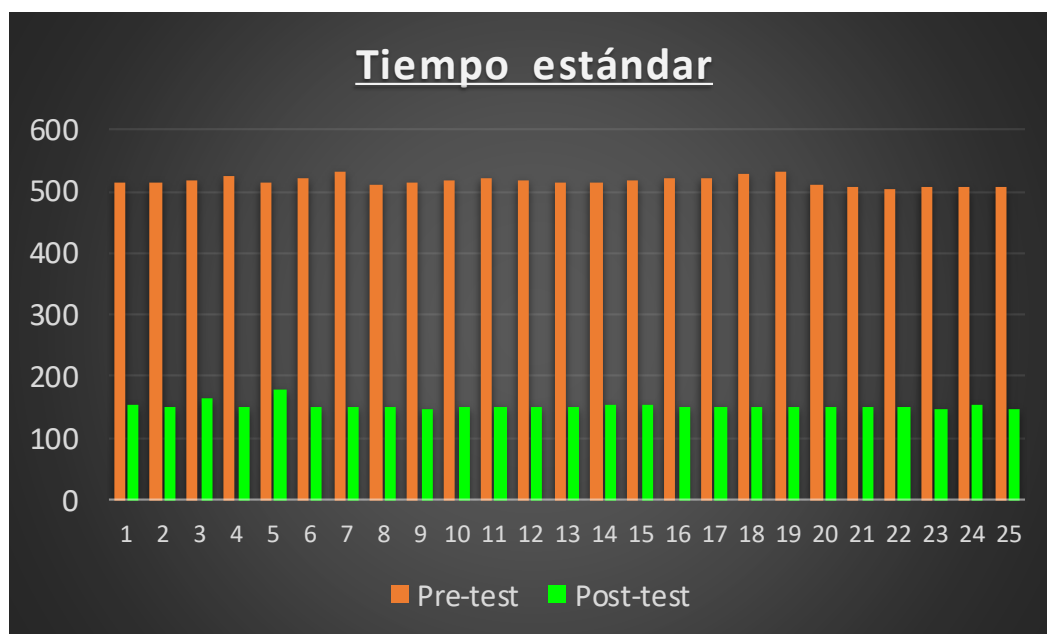


*Gráfico 69: Comparación AAV antes y después.
Fuente: Elaboración propia.*

En el gráfico representativo de las actividades que agregan valor se muestran en columnas de color anaranjado la data antes y columnas de color verde la data después de la aplicación de la ingeniería de métodos. A continuación, se brindan los resultados en promedio siendo esta en el estudio pre de 47% de actividades que agregan valor y 55% de las mismas en el estudio después de aplicar la ingeniería de métodos sobre los procesos de soldadura logrando un incremento del 8% confirmando así de esta manera que la ingeniería de métodos contribuye con la mejora de la productividad.

3.1.1.2. Análisis comparativo de la dimensión medición del trabajo.

El análisis comparativo de la medición del trabajo está representado a través del estudio del tiempo estándar para cual primero se realizó el estudio del tiempo efectivo y por medio de la formula indicada la matriz de operacionalización de variables obtenemos estos resultados antes y después de la aplicación de la mejora los cuales son promedio de 8.6 horas para la ejecución del proceso de soldadura antes y 2.5 horas para la ejecución del proceso de soldadura después de la implantación de la mejora obteniendo una diferencia de 6.1 horas menos permitiéndonos así ejecutar el proceso en menos tiempo y adquiriendo de esta manera la mejora de la productividad.



*Gráfico70: Tiempo estándar antes y después.
Fuente: Elaboración propia.*

3.1.2. Análisis comparativo de la variable dependiente Productividad.

El análisis comparativo de la variable dependiente productividad está comprendida del estudio de sus respectivas dimensiones mencionadas en la matriz de operacionalización de variables como eficiencia y la eficacia.

3.1.2.1. Análisis comparativo de la dimensión Eficiencia.

A continuación, se presenta el siguiente gráfico que nos menciona los indicadores adquiridos de las tablas de estudios pre-test y post-test siendo estas en promedio 70.63% antes de la aplicación de la mejora y 83.15% de eficiencia obtenida después de aplicación de la mejora marcando un

incremento de 12.52% de eficiencia y confirmando que la aplicación de la ingeniería de métodos mejora la productividad en el área de soldadura.

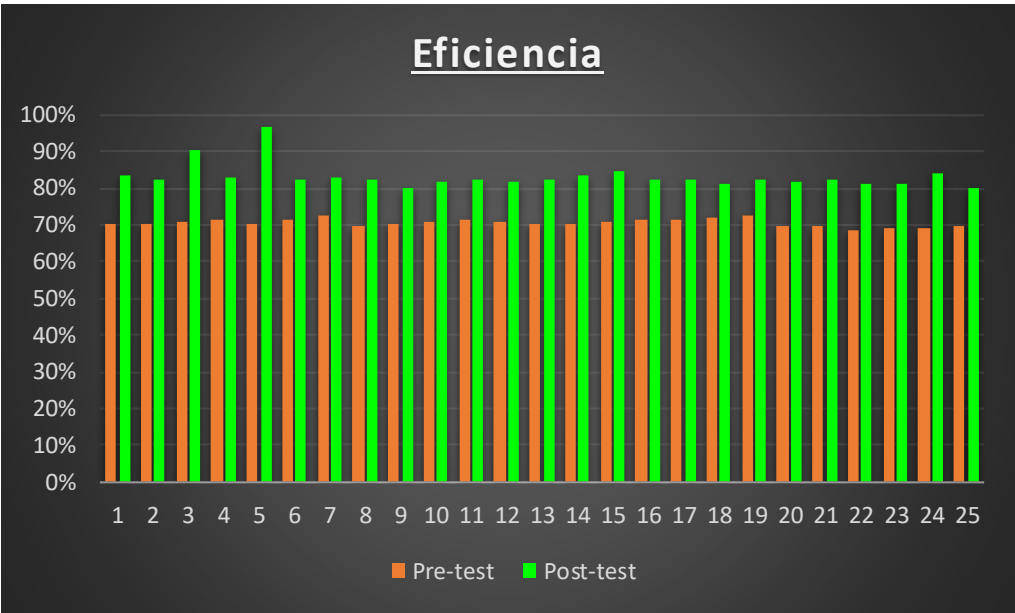


Gráfico 71: Comparativo de eficiencia.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.2. Análisis comparativo de la dimensión Eficacia.

En el gráfico comparativo de la eficacia nos muestra las diferencias muy marcadas de la eficacia siendo estas en promedio de 56.71% antes y 98.20% de eficacia después de aplicar la mejora logrando así un incremento de 41.49% de eficacia y confirmando que la aplicación de la ingeniería de métodos mejora la productividad en el proceso de soldadura.

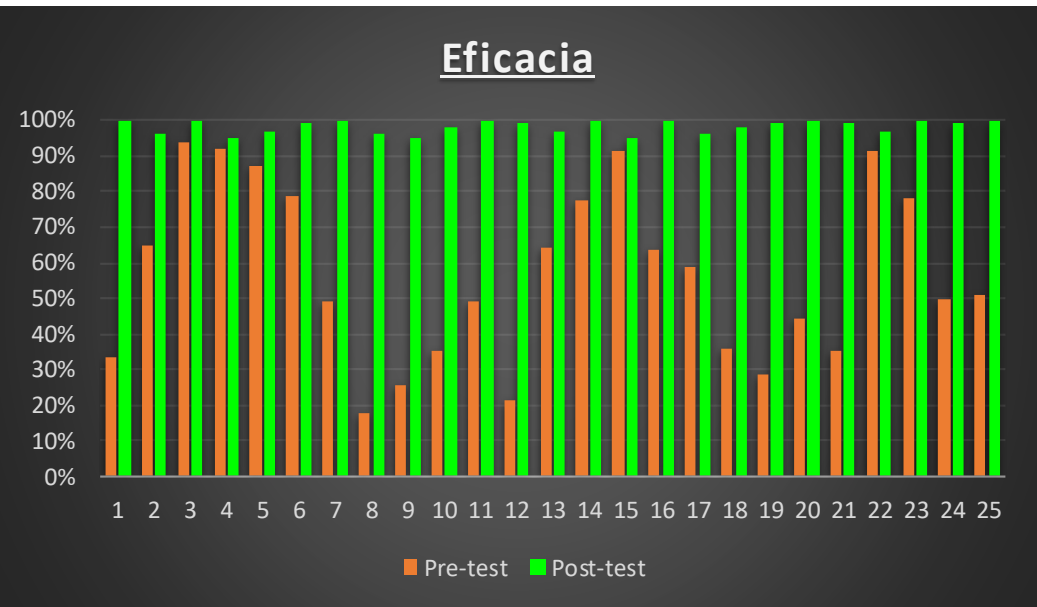


Gráfico 72: Comparativo de eficacia.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Análisis comparativo de la Productividad.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de la productividad antes y después.

| <div> <div>ESMETAL</div> <div>Estudio comparativo de productividad pre-test post-test.</div> </div> | | | | |
|---|----------------------|------------|------------------------|------------|
| Empresa: | Fecha de inicio: | 5/03/2018 | Fecha de inicio: | 17/09/2018 |
| Analista: | Fecha de termino: | 10/04/2018 | Fecha de termino: | 26/10/2018 |
| N° Días | Productividad antes% | | Productividad despues% | |
| Día 1 | 24% | | 84% | |
| Día 2 | 46% | | 79% | |
| Día 3 | 66% | | 90% | |
| Día 4 | 66% | | 79% | |
| Día 5 | 61% | | 94% | |
| Día 6 | 56% | | 81% | |
| Día 7 | 36% | | 83% | |
| Día 8 | 12% | | 79% | |
| Día 9 | 18% | | 76% | |
| Día 10 | 25% | | 80% | |
| Día 11 | 35% | | 82% | |
| Día 12 | 15% | | 81% | |
| Día 13 | 45% | | 80% | |
| Día 14 | 55% | | 84% | |
| Día 15 | 65% | | 80% | |
| Día 16 | 45% | | 82% | |
| Día 17 | 42% | | 79% | |
| Día 18 | 26% | | 80% | |
| Día 19 | 21% | | 81% | |
| Día 20 | 31% | | 82% | |
| Día 21 | 24% | | 82% | |
| Día 22 | 63% | | 79% | |
| Día 23 | 54% | | 81% | |
| Día 24 | 35% | | 83% | |
| Día 25 | 35% | | 80% | |
| Promedios | 40.0% | | 81.7% | |

Tabla 43: Comparativo de Productividad.

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico comparativo de la productividad se puede apreciar las diferencias marcadas, siendo en promedio el 40.03% antes y 81.65% después de la aplicación de la mejora logrando así de esta manera un incremento de 41.62% de productividad en el proceso de soldadura.

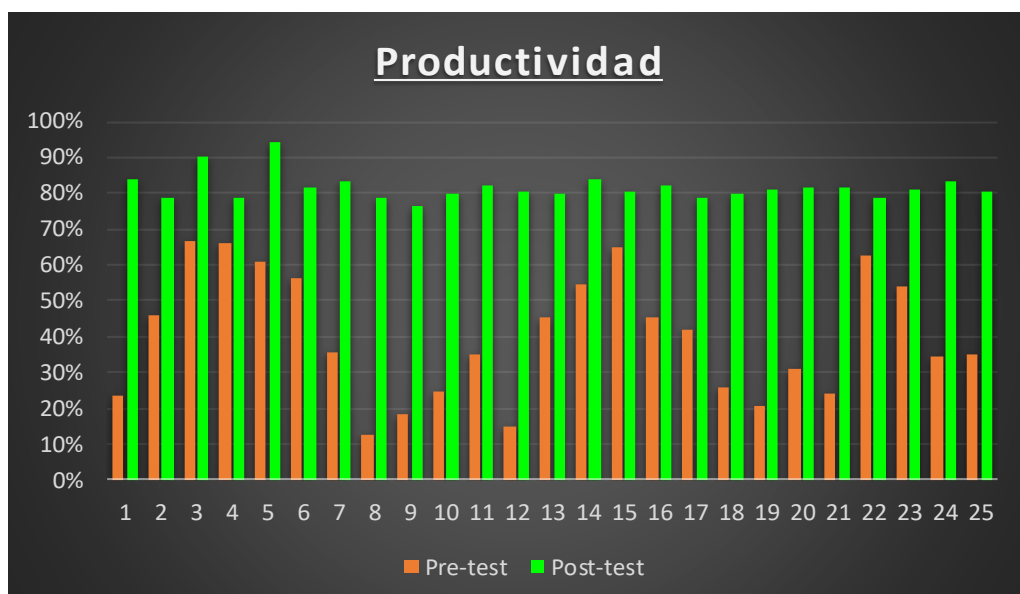
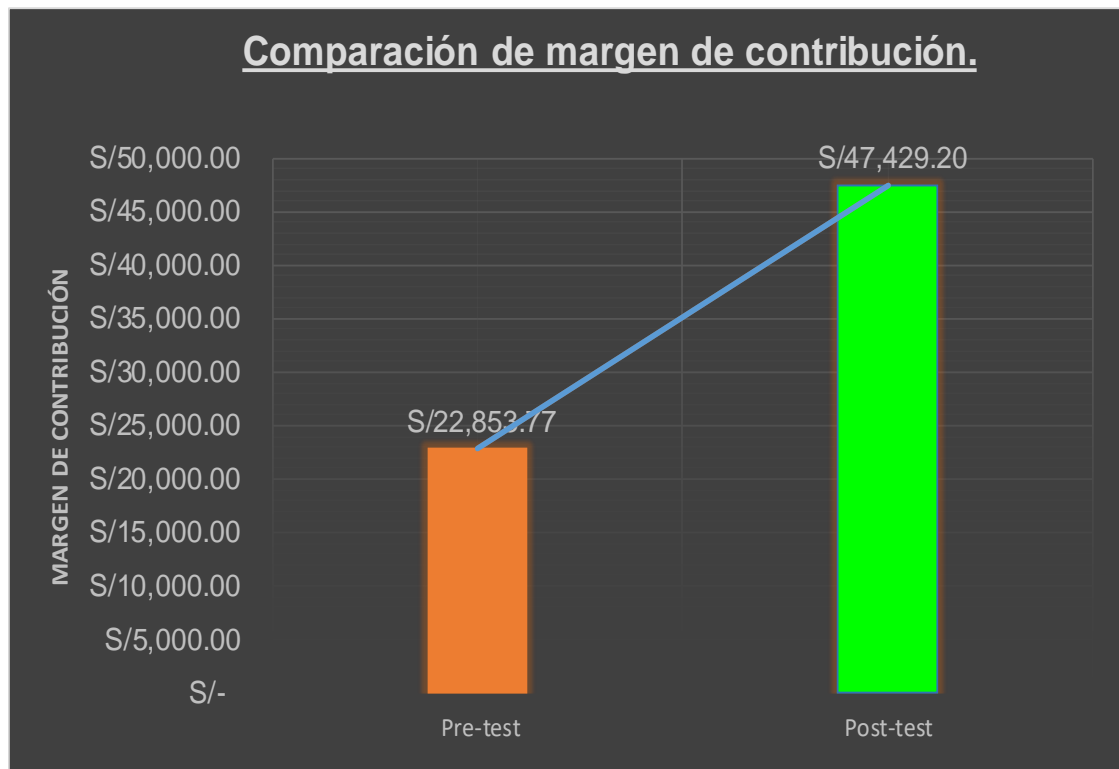


Gráfico 73: Comparativo de Productividad.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Análisis comparativo del margen de contribución.

La presentación del siguiente gráfico tiene como objetivo evidenciar el impacto económico positivo que se ha logrado a través de la aplicación de la ingeniería de métodos en la productividad siendo esta en el pre-test un margen de contribución en soles de S/ 22,853.77 soles y el post-test S/ 47,429.20 soles adquiriendo de esta manera un incremento de S/ 24,575.43 soles en el margen de contribución económico para esta investigación.



*Gráfico 74: Comparativo de margen de contribución.
Fuente: Elaboración propia.*

3.2. Análisis descriptivo

A continuación, se procederá con la realización de los análisis descriptivos, comparativos e inferenciales. Para hacer estos análisis posibles se ejecutará el software Microsoft Excel para el análisis comparativo, Donde se explicará mediante gráficos estadísticos la situación antes y después de la aplicación de la Ingeniería de Métodos. Además, se ejecutará el software SPSS 25 para determinar la media, la desviación típica, la asimetría y la curtosis de los datos en el análisis descriptivo y los estudios de hipótesis en el análisis inferencial.

3.2.1. Análisis descriptivo de la dimensión estudio de métodos.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de procesamiento de datos de la variable independiente encontrándose en la dimensión del estudio de métodos y los índices de las actividades que agregan valor al proceso realizado en el programa estadístico SPSS 25.

| Resumen de procesamiento de casos | | | | | | |
|------------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
| | Válido | | Casos Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| Actividades que agregan valor_pre | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |
| Actividades que agregan valor_post | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |

Tabla 44: Procesamiento de casos de actividades que agregan valor.
Fuente: SPSS 25.

Se puede observar en la tabla 44 que son 25 datos procesados de las muestras pre-test y post-test, obteniendo de esta manera el 100% de los datos procesados. La tabla 45 nos muestra que la media estadística de las actividades que agregan valor pre-test es 47,4724 y en el post-test es 54,8036 apreciándose un incremento de 7,3312 en el valor de la media. En la desviación estándar se observa una reducción de 0,41065 en el post-test lo que nos indica que el margen de error es menor y más confiable. Se muestra la asimetría pre en 0,420 y en el post 0,166. La curtosis pre se encuentra en -0,078 y en el post 0,0358.

| Descriptivos | | | |
|------------------------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | | Estadístico | Desv. Error |
| Actividades que agregan valor_pre | Media | 47,4724 | ,53309 |
| | Mediana | 46,5800 | |
| | Desviación estándar | 2,86545 | |
| | Asimetría | ,420 | ,464 |
| | Curtosis | -,078 | ,902 |
| Actividades que agregan valor_post | Media | 54,8036 | ,42987 |
| | Mediana | 55,0000 | |
| | Desviación estándar | 2,14935 | |
| | Asimetría | ,166 | ,464 |
| | Curtosis | ,358 | ,902 |

Tabla 45: Análisis descriptivo de actividades que agregan valor.
Fuente: SPSS 25.

La siguiente figura nos grafica la curva normal de las actividades que agregan valor pre-test y en relación al histograma en una curva insesgada picuda y mesocurtica representando a una media de 47,47 y una desviación estándar de 2,665.

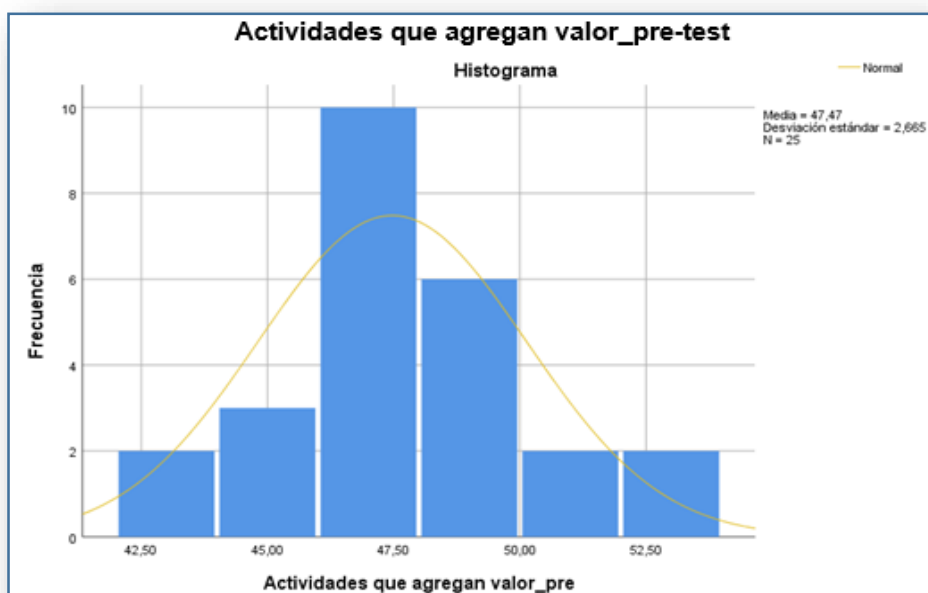


Figura 75: Curva normal de AAV pre-test.
Fuente: SPSS 25.

La siguiente figura nos grafica la curva normal de las actividades que agregan valor post-test y en relación al histograma en una curva insesgada picuda y mesocurtica representando a una media de 54,80 y una desviación estándar de 2,149.

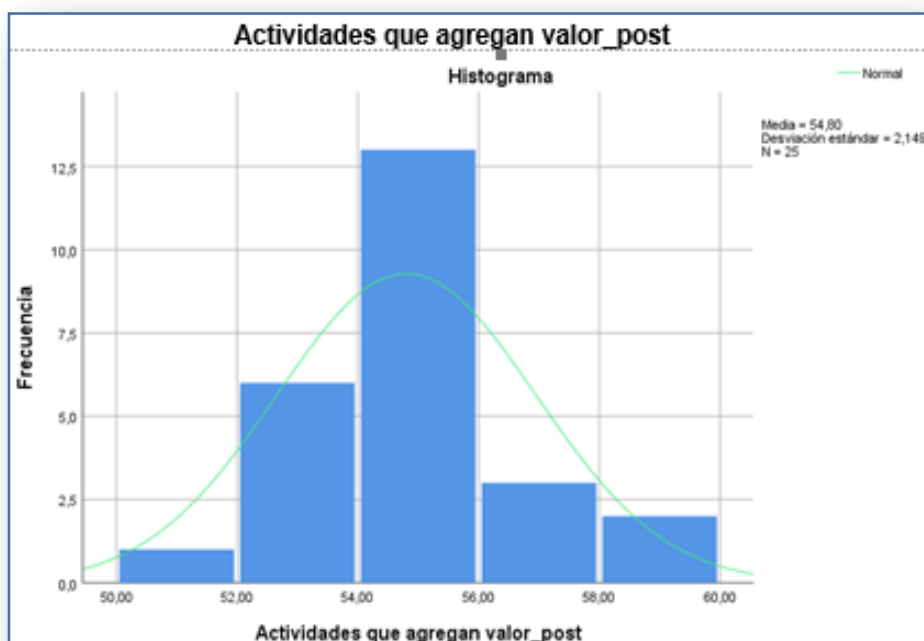


Figura 76: Curva normal de AAV post-test.
Fuente: SPSS 25.

3.2.2. Análisis descriptivo de la dimensión medición del trabajo.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de procesamiento de datos de la variable independiente encontrándose en la dimensión de la medición del trabajo y los indicadores del tiempo estándar realizado en el programa estadístico SPSS 25.

| Resumen de procesamiento de casos | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
| | Válido | | Casos Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| Tiempo estandar_pre | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |
| Tiempo estandar_post | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |

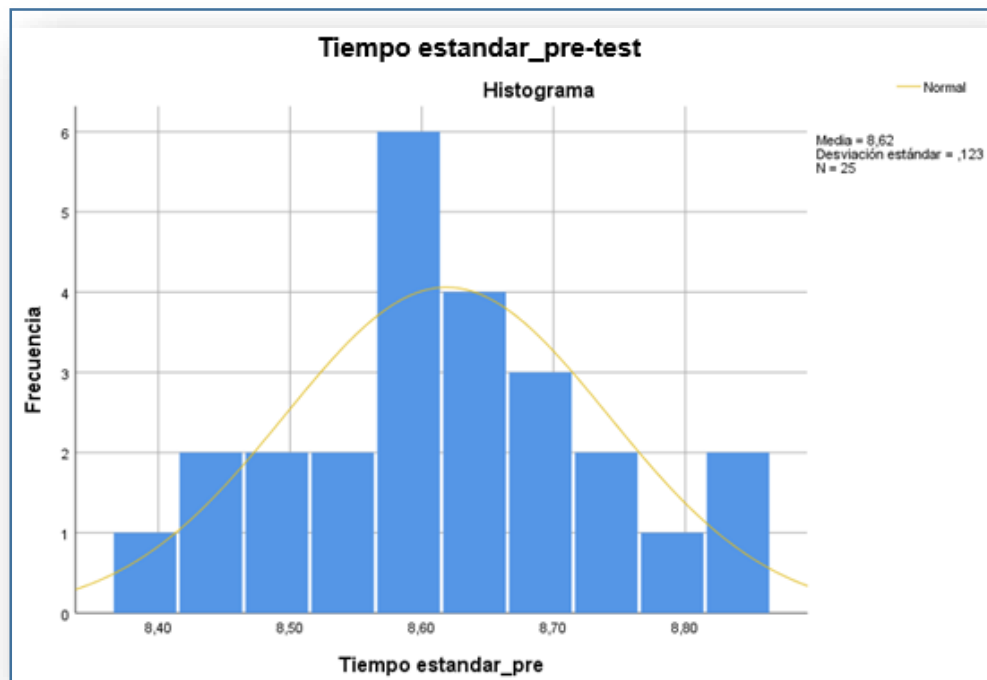
*Tabla 46: Procesamiento de casos del tiempo estándar.
Fuente: SPSS 25.*

Se puede observar en la tabla 46 que son 25 datos procesados de las muestras pre-test y post-test, obteniendo de esta manera el 100% de los datos procesados. La tabla 47 nos muestra que la media estadística del tiempo estándar pre-test es 8,6 horas y en el post-test es 2,5 horas apreciándose una reducción de 6,4 horas y en la mediana una reducción estadística de 6,06 horas. En la desviación estándar se observa una reducción de 0.01741 en el post-test lo que nos indica que el margen de error es menor y de mayor confianza. Se muestra la asimetría pre en 0,184 y en el post 3,214. La curtosis pre se entra en -0,366 y en el post 11,456.

| Descriptivos | | | |
|----------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | | Estadístico | Desv. Error |
| Tiempo estandar_pre | Media | 8,6188 | ,02457 |
| | Mediana | 8,6000 | |
| | Desviación estándar | ,12283 | |
| | Asimetría | ,184 | ,464 |
| | Curtosis | -,366 | ,902 |
| Tiempo estandar_post | Media | 2,5368 | ,02108 |
| | Mediana | 2,5100 | |
| | Desviación estándar | ,10542 | |
| | Asimetría | 3,214 | ,464 |
| | Curtosis | 11,456 | ,902 |

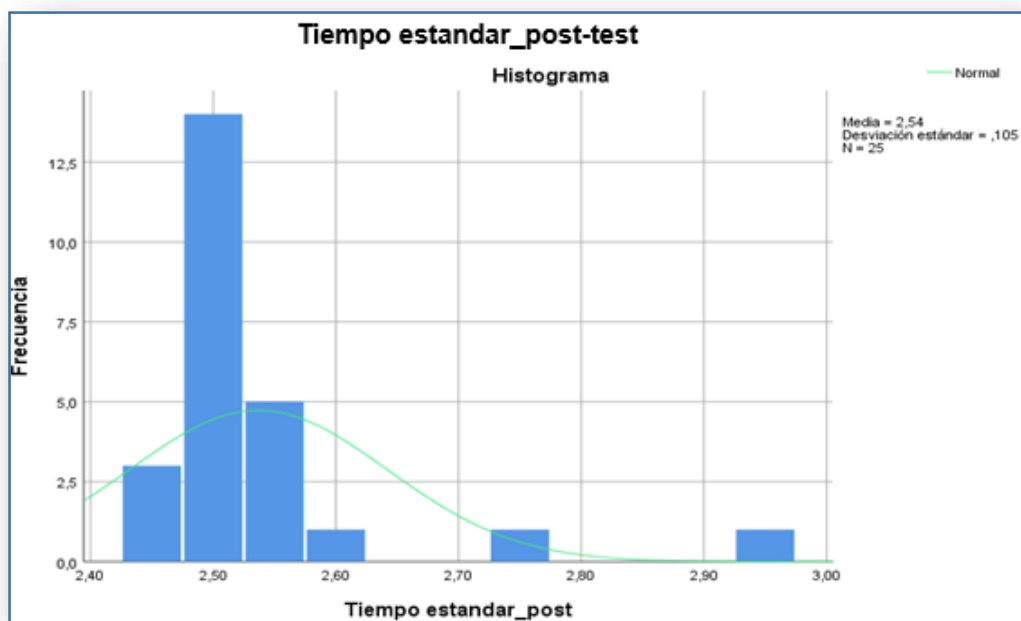
*Tabla 47: Análisis descriptivo del tiempo estándar.
Fuente: SPSS 25.*

La siguiente figura nos grafica la curva normal del tiempo estándar pre-test y en relación al histograma en una curva insesgada picuda y mesocurtica representando a una media de 8,62 y una desviación estándar de 0,123.



*Figura 77: Curva normal del tiempo estándar pre-test.
Fuente: SPSS 25.*

La siguiente figura nos grafica la curva normal del tiempo estándar post-test y en relación al histograma es una curva sesgada a la derecha y mesocurtica representando a una media de 54,80 y una desviación estándar de 2,149 manteniendo un sesgo positivo a la derecha.



*Figura 78: Curva normal del tiempo estándar post-test.
Fuente: SPSS 25.*

3.2.3. Análisis descriptivo de la dimensión eficiencia.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de procesamiento de datos de la variable dependiente encontrándose en la dimensión de la eficiencia y los indicadores de los tiempos efectivos en el proceso de soldadura realizado en el programa estadístico SPSS 25.

| Resumen de procesamiento de casos | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
| | Válido | | Casos Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| Eficiencia pre-test | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |
| Eficiencia post-test | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |

Tabla 48: Procesamiento de casos de eficiencia.

Fuente: SPSS 25.

Se puede observar en la tabla 48 que son 25 datos procesados de las muestras pre-test y post-test, obteniendo de esta manera el 100% de los datos procesados. La tabla 49 nos muestra que la media estadística de la eficiencia pre-test es 70,6236 y en el post-test es 83,1588 apreciándose un incremento de 12,5352 y en la mediana un incremento estadístico de 11,75. En la desviación estándar se observa un incremento de 2,42249 en el post-test lo que nos indica que se presentará una reacción de sesgo positivo hacia la derecha en la curva normal. Se muestra la asimetría pre en 0,181 y en el post 3,196. La curtosis se presenta en -0,413 y en el post 11,290.

| Descriptivos | | | |
|----------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | | Estadístico | Desv. Error |
| Eficiencia pre-test | Media | 70,6236 | ,20280 |
| | Mediana | 70,4800 | |
| | Desviación estándar | 1,01301 | |
| | Asimetría | ,181 | ,484 |
| | Curtosis | -,413 | ,902 |
| Eficiencia post-test | Media | 83,1588 | ,68710 |
| | Mediana | 82,2300 | |
| | Desviación estándar | 3,43550 | |
| | Asimetría | 3,196 | ,484 |
| | Curtosis | 11,290 | ,902 |

Tabla 49: Análisis descriptivo de la eficiencia.

Fuente: SPSS 25.

La siguiente figura nos grafica la curva normal de la eficiencia pre-test y en relación al histograma en una curva insesgada picuda y semi leptocurtica representando a una media de 70,62 y una desviación estándar de 1,013

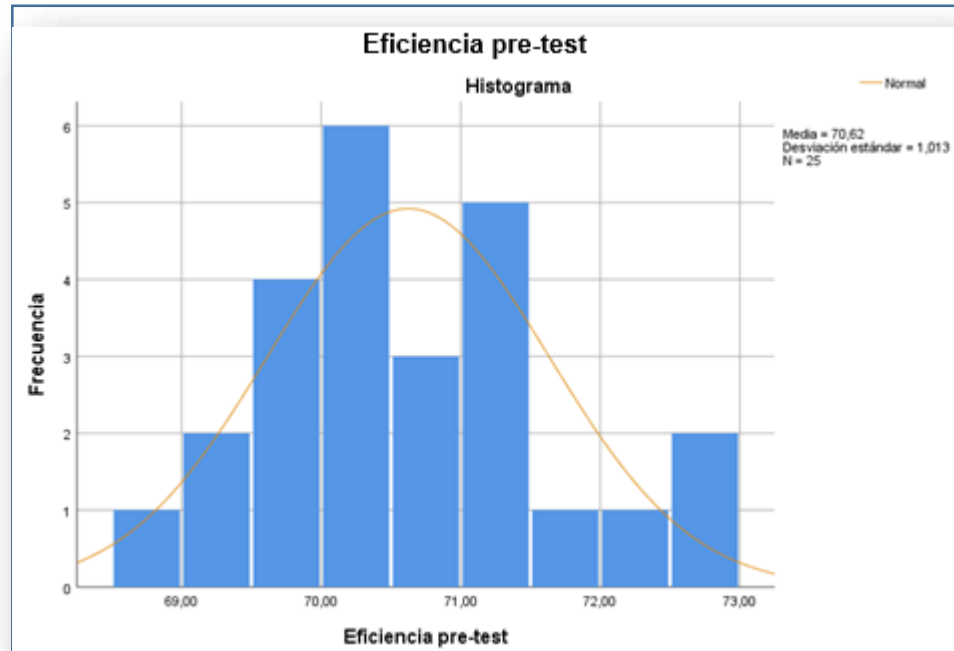


Figura 79: Curva normal de la eficiencia pre-test.
Fuente: SPSS 25.

La siguiente figura nos grafica la curva normal de la eficiencia post-test y en relación al histograma es una curva sesgada a la derecha y platicurtica representando a una media de 83,16 y una desviación estándar de 3,435 manteniendo un sesgo positivo a la derecha.

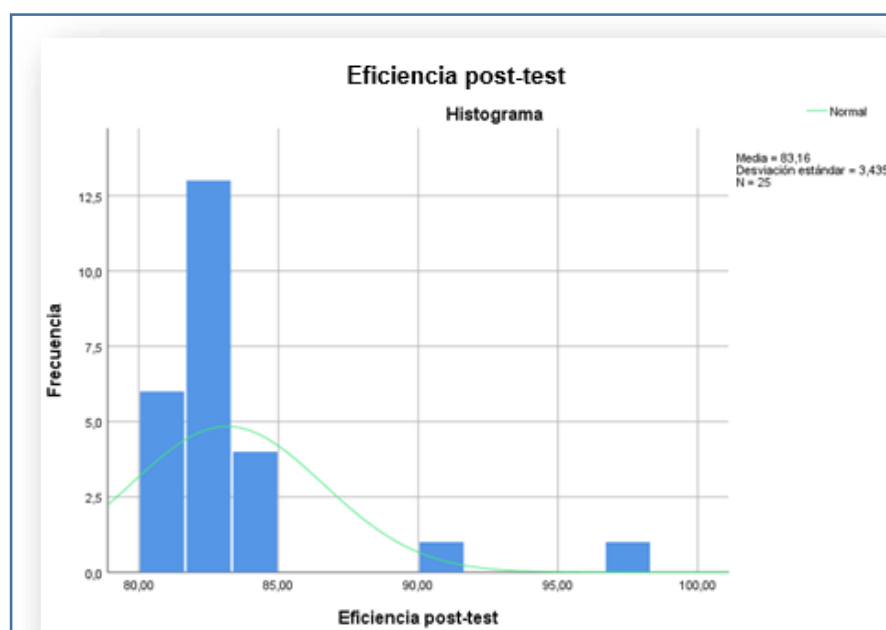


Figura 80: Curva normal de la eficiencia post-test.
Fuente: SPSS 25.

3.2.4. Análisis descriptivo de la dimensión eficacia.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de procesamiento de datos de la variable dependiente encontrándose en la dimensión de la eficacia y los indicadores de las juntas de soldaduras realizadas y aceptadas efectuado en el programa estadístico SPSS 25.

| Resumen de procesamiento de casos | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
| | Válido | | Casos Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| Eficacia pre-test | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |
| Eficacia post-test | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |

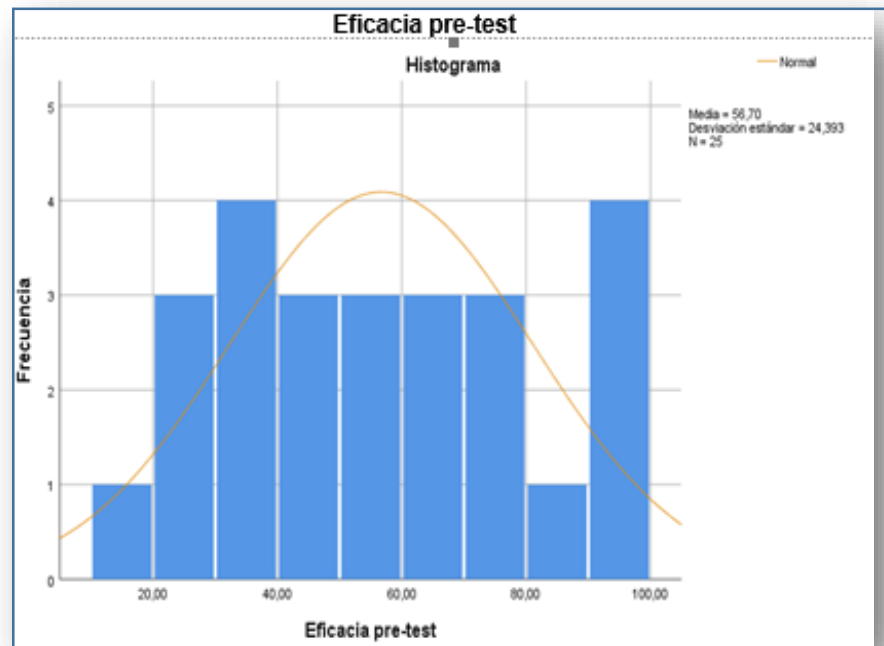
*Tabla 50: Procesamiento de casos de eficacia.
Fuente: SPSS 25.*

Se puede observar en la tabla 50 que son 25 datos procesados de las muestras pre-test y post-test, obteniendo de esta manera el 100% de los datos procesados. La tabla 51 nos muestra que la media estadística de la eficacia pre-test es 56,7004 y en el post-test es 98,2000 apreciándose un incremento de 41,4996 y en la mediana un incremento estadístico de 47.49. En la desviación estándar se observa una reducción de 22.54481 en el post-test lo que nos indica que se presentará una reacción de sesgo negativo hacia la izquierda en la curva normal. Se muestra la asimetría pre en 0,114 y en el post -0,577. La curtosis se presenta en -1,268 y en el post -1,179.

| Descriptivos | | | |
|--------------------|---------------------|-------------|-------------|
| | | Estadístico | Desv. Error |
| Eficacia pre-test | Media | 56,7004 | 4,87865 |
| | Mediana | 50,7100 | |
| | Desviación estándar | 24,39323 | |
| | Asimetría | ,114 | ,464 |
| | Curtosis | -1,268 | ,902 |
| Eficacia post-test | Media | 98,2000 | ,36968 |
| | Mediana | 99,0000 | |
| | Desviación estándar | 1,84842 | |
| | Asimetría | -,577 | ,464 |
| | Curtosis | -1,179 | ,902 |

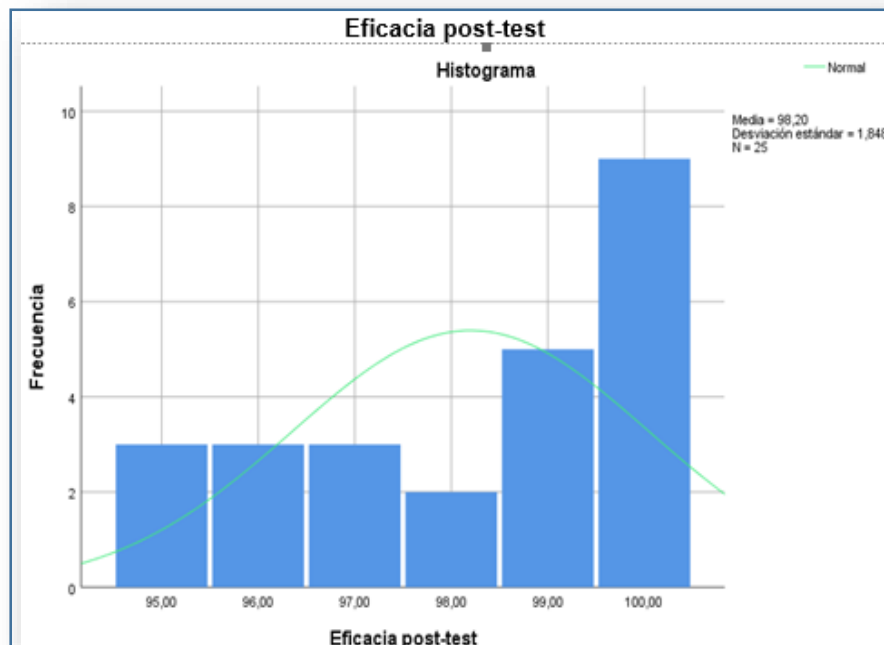
*Tabla 51: Análisis descriptivo de eficacia.
Fuente: SPSS 25.*

La siguiente figura nos grafica la curva normal de la eficacia y en relación al histograma en una curva centrada picuda y semi lepticurtica representando a una media de 56,70 y una desviación estándar de 24,393.



*Figura 81: Curva normal de la eficacia pre-test.
Fuente: SPSS 25.*

La siguiente figura nos grafica la curva normal de la eficacia post-test y en relación al histograma es una curva semi sesgada y platicurtica representando a una media de 98,20 y una desviación estándar de 1,848 manteniendo un sesgo negativo a la derecha.



*Figura 82: Curva normal de la eficacia post-test.
Fuente: SPSS 25.*

3.2.5. Análisis descriptivo de productividad.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de procesamiento de datos de la variable dependiente productividad encontrándose la matriz de operacionalización de variables que depende de las dimensiones eficiencia y eficacia realizado en el programa estadístico SPSS 25.

| Resumen de procesamiento de casos | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------------|----------------|------------|-------|------------|
| | Válido | | Casos Perdidos | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| Productividad pre-test | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |
| Productividad post-test | 25 | 100,0% | 0 | 0,0% | 25 | 100,0% |

Tabla 52: Procesamiento de casos de productividad.
Fuente: SPSS 25.

Se puede observar en la tabla 52 que son 25 datos procesados de las muestras pre-test y post-test, obteniendo de esta manera el 100% de los datos procesados. La tabla 53 nos muestra que la media estadística de la productividad pre-test es 70,6356 y en el post-test es 83,1516 apreciándose un incremento de 12,516 y en la mediana un incremento estadístico de 12,516 En la desviación estándar se observa un incremento de 2,43629 en el post-test lo que nos indica que se presentará una reacción de sesgo positivo hacia la derecha en la curva normal. Se muestra la asimetría pre en 0,177 y en el post 3,192. La curtosis se presenta en -0,335 y en el post 11,267.

| Descriptivos | | | |
|-------------------------|------------------|-------------|-------------|
| | | Estadístico | Desv. Error |
| Productividad pre-test | Media | 70,6356 | ,20049 |
| | Mediana | 70,4800 | |
| | Desv. Desviación | 1,00247 | |
| | Asimetría | ,177 | ,484 |
| | Curtosis | -,335 | ,902 |
| Productividad post-test | Media | 83,1516 | ,68775 |
| | Mediana | 82,2300 | |
| | Desv. Desviación | 3,43876 | |
| | Asimetría | 3,192 | ,484 |
| | Curtosis | 11,267 | ,902 |

Tabla 53: Análisis descriptivo de productividad.
Fuente: SPSS 25.

La siguiente figura nos grafica la curva normal de la productividad pre-test y en relación al histograma en una curva insesgada picuda y leptocurtica representando a una media de 70,64 y una desviación estándar de 1,002.

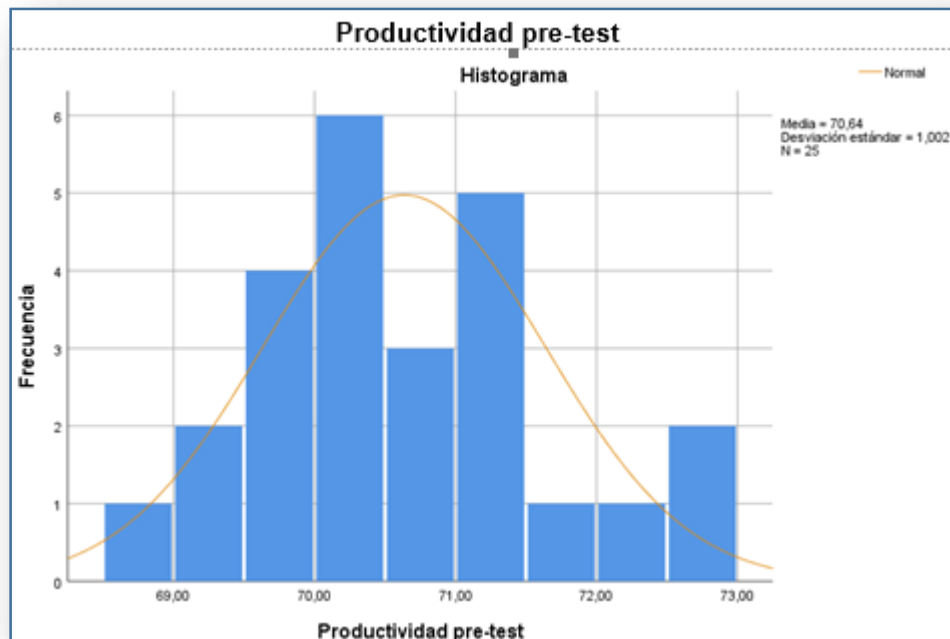


Figura 83: Curva normal de la productividad pre-test.
Fuente: SPSS 25.

La siguiente figura nos grafica la curva normal de la productividad post-test y en relación al histograma es una curva sesgada a la izquierda y achatada representando a una media de 83,15 y una desviación estándar de 3,439 manteniendo un sesgo positivo a la derecha.

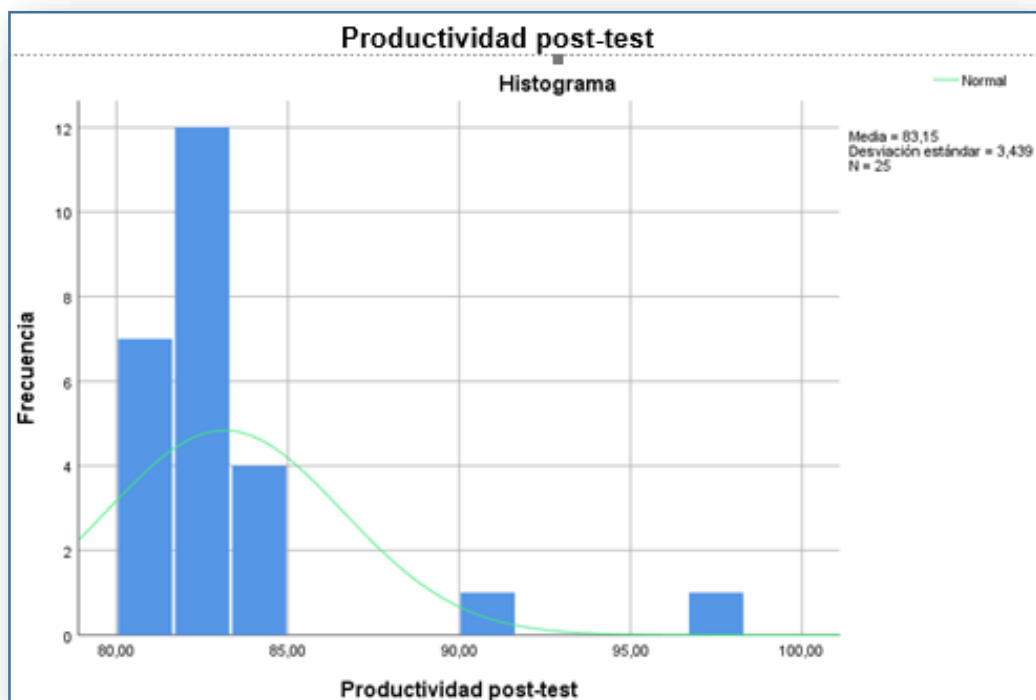


Figura 84: Curva normal de la productividad post-test.
Fuente: SPSS 25.

3.3. Análisis inferencial.

En esta parte de la investigación se pone en evidencia las pruebas de la hipótesis general y específicas conocido como H_0 el cual significa que la hipótesis es nula y H_a que significa hipótesis alternativa, así mismo se presentarán reglas de decisiones para determinar el tipo de estadígrafo a usar según el tamaño de la muestra.

$N \leq 30$, se usa el estadígrafo de Shapiro Wilk.

$N > 30$, se usa el estadígrafo de Colmogorov Smirnov.

Dónde N es igual a la muestra.

3.3.1. Análisis inferencial de la hipótesis general.

Para proceder al análisis inferencial de la hipótesis general de la presente investigación se expone lo siguiente: H_a = La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Con el fin de realizar la contrastación de la hipótesis general se determina primero que la serie de datos presenta una muestra menor a 25 datos por lo que se aplicará el estadígrafo Shapiro Wilk. Se aplica la siguiente regla de decisión.

- Si $p\text{valor} > 0.05$ los datos de la serie presentan un comportamiento paramétrico.
- Si $p\text{valor} \leq 0.05$ los datos de la serie presentan un comportamiento no paramétrico.

| Pruebas de normalidad | | | |
|-------------------------|--------------|----|------|
| | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Productividad pre-test | ,982 | 25 | ,914 |
| Productividad post-test | ,598 | 25 | ,000 |

*Tabla 54: Prueba de normalidad de la productividad con Shapiro Wilk.
Fuente: SPSS 25.*

En la tabla 54 nos muestra que la significancia de $p\text{valor}$ en la prueba de normalidad de la productividad pre-test es mayor 0.05 mostrando un comportamiento paramétrico y en el post-test la significancia de $p\text{valor}$ es menor a 0.05 mostrando un comportamiento no paramétrico por lo que se determina el uso del estadígrafo de Wilcoxon para realizar el contraste de la hipótesis general.

3.3.1.1. Contrastación de la hipótesis general.

A continuación, se presenta las siguientes hipótesis con la finalidad de dar contexto a la comparación estadística con el estadígrafo de Wilcoxon.

- H_0 (Hipótesis nula): La aplicación de la Ingeniería de Métodos no mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.
- H_a (Hipótesis alternativa): La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Se determina a través de la siguiente regla de decisión:

$$H_0: \int_{\text{proda}} \geq \int_{\text{proda}}$$

$$H_a: \int_{\text{proda}} < \int_{\text{proda}}$$

Dónde:

\int_{proda} : Productividad en soldadura pre.

\int_{proda} : Productividad en soldadura post.

| Estadísticos descriptivos | | | | | |
|---------------------------|----|---------|---------------------|--------|--------|
| | N | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
| Productividad pre-test | 25 | 70,6356 | 1,00247 | 68,75 | 72,61 |
| Productividad post-test | 25 | 83,1516 | 3,43876 | 80,20 | 96,89 |

*Tabla 55: Comparación de medias de productividad pre y post con Wilcoxon.
Fuente: SPSS 25.*

En la tabla 55 podemos observar que las medias han sufrido una variación en el post-test respecto al pre-test mostrándose un incremento de 12.5% de su productividad determinando de esta manera que no se cumple la hipótesis nula $H_0: \int_{\text{proda}} \geq \int_{\text{proda}}$ y en tal sentido la mencionada hipótesis que alude que la ingeniería de métodos no mejora la productividad en el proceso de soldadura procede a ser rechazado y se procede a aceptar la hipótesis alterna $H_a: \int_{\text{proda}} < \int_{\text{proda}}$ el cual no indica que la aplicación de la Ingeniería de Métodos si mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Con la finalidad de confirmar que el análisis anteriormente mencionado si es correcto, a continuación se presenta el análisis del pvalor o significancia la lo cual se determina a través de la siguiente regla de decisión.

- Si $p\text{valor} \leq 0.05$ se rechaza la H_0 (hipótesis nula).
- Si $p\text{valor} > 0.05$ se acepta la H_0 (hipótesis nula).

| Estadísticos de prueba | |
|-----------------------------------|---|
| | Productividad post-test – Productividad pre-test |
| Z | -4,372 |
| Sig. asintótica(bilateral) | ,000 |

*Tabla 56: Estadísticos de prueba con Wilcoxon para la productividad.
Fuente: SPSS 25.*

La tabla 65 nos muestra el estadístico de prueba realizado con el estadígrafo de Wilcoxon aplicado a la productividad pre-test y post-test. Donde se puede observar que la significancia asintótica (bilateral) es de 0,000 lo que nos permite determinar a través de la regla de decisión confirmar el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa que indica que la aplicación de la Ingeniería de Métodos si mejora la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Entonces de acuerdo con la tabla 55 en donde se aprecia las medias con notables mejoras en la productividad obtenida a través de la aplicación de la ingeniería de métodos siendo antes 70,64% y después 83,15% haciendo un incremento del 12,5% de productividad lo que en físico representa un mejoramiento del ratio de soldadura acrecentando la capacidad de producción, disminuyendo reprocesos y generando ahorros considerables para empresa coincidiendo así con Chavarría, Alexander, (2017) en su tesis: “Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el área de cromo duro de la empresa Recolsa SA” Donde mediante el uso de los ocho pasos de la ingeniería de métodos logró elevar la productividad en 11% como consecuencia de la mejora porcentual de la eficiencia en 9% y la reducción del tiempo de ejecución de sus proceso de 16 horas a 11 horas por unidad de pieza cromada.

3.3.2. Análisis inferencial de la hipótesis específica 1.

Para proceder al análisis inferencial de la hipótesis específica 1 de la presente investigación se expone lo siguiente:

- H_a = La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficiencia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Con el fin de realizar la contrastación de la hipótesis específica 1 se determina primero que la serie de datos presenta una muestra de 25 datos que es menor a 30 y debido a esto se utilizará el estadígrafo Shapiro Wilk.

Se determina bajo la siguiente regla de decisión.

- Si $p_{valor} > 0.05$ los datos de la serie presentan un comportamiento paramétrico.
- Si $p_{valor} \leq 0.05$ los datos de la serie presentan un comportamiento no paramétrico.

| Pruebas de normalidad | | | |
|-----------------------|--------------|----|------|
| | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Eficiencia pre-test | ,980 | 25 | ,877 |
| Eficiencia post-test | ,597 | 25 | ,000 |

Tabla 57: Prueba de normalidad de la eficiencia con Shapiro Wilk.
Fuente: SPSS 25.

En la tabla 57 nos muestra que la significancia de p_{valor} en la prueba de normalidad de la eficiencia pre-test es mayor a 0.05 mostrando un comportamiento paramétrico y en el post-test la significancia de p_{valor} es menor a 0.05 mostrando un comportamiento no paramétrico por lo que se determina el uso del estadígrafo de Wilcoxon para realizar el contraste de la hipótesis específica 1.

3.3.2.1. Contrastación de hipótesis específica 1.

A continuación, se presenta las siguientes hipótesis con la finalidad de dar contexto a la comparación estadística con el estadígrafo de Wilcoxon.

- H_0 (Hipótesis nula): La aplicación de la Ingeniería de Métodos no mejora la eficiencia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.
- H_a (Hipótesis alternativa): La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficiencia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Se determina a través de la siguiente regla de decisión:

$$H_0: \int_{efe a} \geq \int_{efe d}$$

$$H_a: \int_{efe a} < \int_{efe d}$$

Dónde:

$\int_{efe a}$: Eficiencia en soldadura pre.

$\int_{efe d}$: Eficiencia en soldadura post.

| Estadísticos descriptivos | | | | | |
|---------------------------|----|---------|---------------------|--------|--------|
| | N | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
| Eficiencia pre-test | 25 | 70,6236 | 1,01301 | 68,75 | 72,61 |
| Eficiencia post-test | 25 | 83,1588 | 3,43550 | 80,20 | 96,89 |

*Tabla 58: Comparación de medias de eficiencia pre y post con Wilcoxon.
Fuente: SPSS 25.*

En la tabla 58 podemos observar que las medias han sufrido una variación en el post-test respecto al pre-test mostrándose un incremento de 12.5% de eficiencia determinando de esta manera que no se cumple la hipótesis nula $H_0: \int_{efe a} \geq \int_{efe d}$ y en tal sentido la mencionada hipótesis que alude que la ingeniería de métodos no mejora la eficiencia en el proceso de soldadura, procede a ser rechazado y se procede a aceptar la hipótesis alterna $H_a: \int_{efe a} < \int_{efe d}$ el cual no indica que la aplicación de la Ingeniería de Métodos si mejora la eficiencia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Con la finalidad de confirmar que el análisis anteriormente mencionado si es correcto, a continuación, se presentas el análisis del pvalor o significancia lo cual se determina a través de la siguiente regla de decisión.

- Si $pvalor \leq 0.05$ se rechaza la H_0 (hipótesis nula).
- Si $pvalor > 0.05$ se acepta la H_0 (hipótesis nula).

| Estadísticos de prueba | |
|----------------------------|---|
| | Eficiencia post-test - Eficiencia pre-test |
| Z | -4,372 |
| Sig. asintótica(bilateral) | ,000 |

*Tabla 59: Estadísticos de prueba para la eficiencia con Wilcoxon.
Fuente: SPSS 25.*

La tabla 59 nos muestra el estadístico de prueba realizado con el estadígrafo de Wilcoxon aplicado a la eficiencia pre-test y post-test. Donde se puede observar que la significancia asintótica (bilateral) es de 0,000 lo que nos permite determinar a través de la regla de decisión confirmar el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa que indica que la aplicación de la Ingeniería de Métodos si mejora la eficiencia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Entonces de acuerdo con la tabla 58 en donde se aprecia las medias reflejando notablemente la mejoras en la eficiencia obtenida a través de la aplicación del estudio de tiempos siendo antes 70,62% y después 83,16% haciendo un incremento del 12,54% de eficiencia lo que antes se soldaba una junta en 8 horas y después de la mejora se redujo a 2.5 horas incrementando la capacidad de producir más en menos tiempo, disminuyendo reprocesos y generando ahorros considerables para empresa coincidiendo con Capristano, Raúl (2017) en su tesis: “Aplicación de la ingeniería de métodos en el proceso de soldadura para mejorar la productividad en MQS Inspection Group SAC.” Donde mediante el estudio de tiempos y control de parámetros logró incrementar la eficiencia en 8,69% y la eficacia en 24,64% reduciendo así el tiempo en 32:15 minutos respecto al tiempo anterior y un considerable margen de contribución de S/ 1,368.00 soles mediante la disminución de reprocesos.

3.3.3. Análisis inferencial de la hipótesis específica 2.

Para proceder al análisis inferencial de la hipótesis específica 2 de la presente investigación se expone lo siguiente:

- H_a = La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Con el fin de realizar la contrastación de la hipótesis específica 2 se determina primero si la serie de datos presenta una muestra de 25 datos que es menor a 30 y debido a esto se utilizará el estadígrafo Shapiro Wilk.

Se aplica la siguiente regla de decisión.

- Si $p\text{valor} > 0.05$ los datos de la serie presentan un comportamiento paramétrico.
- Si $p\text{valor} \leq 0.05$ los datos de la serie presentan un comportamiento no paramétrico.

| Pruebas de normalidad | | | |
|-----------------------|--------------|----|------|
| | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Eficacia pre-test | ,935 | 25 | ,112 |
| Eficacia post-test | ,838 | 25 | ,001 |

*Tabla 60: Prueba de normalidad para la eficacia con Shapiro Wilk.
Fuente: SPSS 25.*

En la tabla 60 nos muestra que la significancia de $p\text{valor}$ en la prueba de normalidad de la eficacia pre-test es mayor a 0.05 mostrando un comportamiento paramétrico y en el post-test la significancia de $p\text{valor}$ es menor a 0.05 mostrando un comportamiento no paramétrico por lo que se determina el uso del estadígrafo de Wilcoxon para realizar el contraste de la hipótesis específica 2.

3.3.3.1. Contrastación de la hipótesis específica 2.

A continuación, se presenta las siguientes hipótesis con la finalidad de dar contexto a la comparación estadística con el estadígrafo de Wilcoxon.

- H_0 (Hipótesis nula): La aplicación de la Ingeniería de Métodos no mejora la eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.
- H_a (Hipótesis alternativa): La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Se determina a través de la siguiente regla de decisión:

$$H_0: \int efaa \geq \int efaa$$

$$H_a: \int efaa < \int efaa$$

Dónde:

$\int efaa$: Eficacia en soldadura pre y $\int efaa$: Eficacia en soldadura post.

| Estadísticos descriptivos | | | | | |
|---------------------------|----|---------|------------------------|--------|--------|
| | N | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
| Eficacia pre-test | 25 | 56,7004 | 24,39323 | 17,66 | 93,57 |
| Eficacia post-test | 25 | 98,2000 | 1,84842 | 95,00 | 100,00 |

*Tabla 61: Comparación de medias de eficacia pre y post con Wilcoxon.
Fuente: SPSS 25.*

En la tabla 61 podemos observar que las medias han sufrido una variación en el post-test respecto al pre-test mostrándose un incremento de 41.5% de su eficacia determinando de esta manera que no se cumple la hipótesis nula $H_0: \int efaa \geq \int efaa$ y en tal sentido la mencionada hipótesis que alude que la ingeniería de métodos no mejora la eficacia en el proceso de soldadura, procede a ser rechazado y se procede a aceptar la hipótesis alterna $H_a: \int efaa < \int efaa$ el cual no indica que la aplicación de la Ingeniería de Métodos si mejora la eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Con la finalidad de confirmar que el análisis anteriormente mencionado si es correcto, a continuación de presentas el análisis del pvalor o significancia la lo cual se determina a través de la siguiente regla de decisión.

- Si $pvalor \leq 0.05$ se rechaza la H_0 (hipótesis nula).
- Si $pvalor > 0.05$ se acepta la H_0 (hipótesis nula).

| Estadísticos de prueba | |
|----------------------------|---|
| | Eficacia post-test - Eficacia pre-test |
| Z | -4,373 |
| Sig. asintótica(bilateral) | ,000 |

*Tabla 62: Estadísticos de prueba con Wilcoxon para la eficacia.
Fuente: SPSS 25.*

La tabla 62 nos muestra el estadístico de prueba realizado con el estadígrafo de Wilcoxon aplicado a la eficacia pre-test y post-test. Donde se puede observar que la significancia asintótica (bilateral) es de 0,000 lo que nos permite determinar a través de la regla de decisión rechazar la confirmación del rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa que indica que la aplicación de la Ingeniería de Métodos si mejora la eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao, 2018.

Entonces de acuerdo con la tabla 61 en donde se observa un incremento importante de la eficacia en la media post-test respecto a la media pre-test de 41,5% evidenciando de esta manera que el estudio de métodos y la aplicación de la mejora tecnológica del proceso han permitido que se reduzcan los tiempos de operación eficaz de 8 horas por junta de soldadura a 2.5 horas estándar y disminuyendo los reprocesos en las longitudes de soldadura realizado e incrementando el margen de contribución hasta en S/24,575.43 soles generando ahorros considerables para empresa coincidiendo de esta manera con López, Valeria (2017) en su tesis: “Aplicación del estudio del trabajo para la mejora de la productividad en el área de maestranza de la empresa Tomocorp S.A.C.” Donde mediante la aplicación del estudio de métodos logra identificar las actividades que no agregan valor al proceso y así poder disminuirlo mediante la implementación tecnológica propuestas, de esta manera los resultados de la investigación arroja un considerable incremento de la productividad de 68% a 81% siendo el 19,11% el incremento generando en productividad así mismo estableciéndose un 95% de eficacia en todos sus procesos estudiados .

IV. CONCLUSIONES

4.1. Conclusión general.

Después de haber puesto en discusión los resultados obtenidos de la aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. mediante la herramienta tecnológica SPSS 25 con una muestra menor a 30 antes y después de la implantación de la mejora se puede enunciar una conclusión general la aplicación de la ingeniería de métodos si mejora la productividad del proceso en la presente investigación dado que la media de la productividad antes de la implementación de la mejora se encontraba en 70,63% y después de la implantación de la mejora ascendió a 83,15% significando que el incremento porcentual de la productividad se trata de 12.52 % contrastado y confirmado a través del estadígrafo de Wilcoxon que arroja 0.000 de significancia asintótica lo cual nos permite aceptar la hipótesis general alterna.

4.2. Conclusiones específicas.

También se ha demostrado a través del mismo sistema de evaluación estadística descriptiva e inferencial en la discusión del presente proyecto que la ingeniería de métodos si mejora la eficiencia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. mostrando los valores en el análisis descriptivo de la media pre-test de la eficiencia en 70,62% y post test de 83.16% obteniéndose así un incremento del 12,54% de eficiencia analizado, contrastado y confirmado a través del estadígrafo de Wilcoxon arrojando el valor de 0,000 de significancia asintótica bilateral, valor que permite aceptar la hipótesis específica 1 para concluir que la ingeniería de métodos mejora la eficiencia en el proceso de soldadura del empresa Esmetal S.A.C.

De igual manera ha quedado demostrado que a través del sistema de evaluación estadística descriptiva e inferencial SPSS 25 aplicado en la discusión del presente proyecto que la ingeniería de métodos si mejora la eficacia en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. mostrando los valores en el análisis descriptivo de la media pre-test de la eficacia en 57,7% y post test de 98.2% obteniéndose así un incremento del 40,5% de eficacia analizado, contrastado y confirmado a través del estadígrafo de Wilcoxon arrojando el valor de 0,000 de significancia asintótica bilateral, valor que permite aceptar la hipótesis específica 2 para concluir que después de la aplicación de la ingeniería de métodos mejora la eficacia, la eficiencia, la productividad y por ende incrementa el margen de contribución económico hasta en S/ 24,573.43 soles en el proceso de soldadura del empresa.

V. RECOMENDACIONES

En este último apartado se pondrá en conocimiento todas las recomendaciones ofrecidas por el investigador todas desde un pensamiento holístico que tendrán el único lineamiento del principal propósito que es de mejorar la productividad en los procesos de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. a través de la aplicación de la ingeniería de métodos y la implementación de las mejoras propuestas según la investigación de cada caso.

Recomendación general.

Según los datos evidenciados en los capítulos 2, 3 y 4 se puede observar que se han sometido a exhaustivas pruebas para verificar que la productividad ha mejorado en el proceso de soldadura a través de la aplicación de la ingeniería de métodos y la implementación de propuestas tecnológicas y es así como se logra alcanzar el objetivo real y científico de esta investigación, la recomendación es permanecer en los métodos propuestos que han demostrado el cumplimiento de la causa a menos que exista la posibilidad de mejorarlo ya sea con la aplicación de la ingeniería de métodos o alguna otra herramienta de disciplina ingenieril.

Recomendación específica 1.

A partir de lo enunciado en la recomendación general se expresa lo siguiente; La aplicación de la ingeniería de métodos en el proceso de soldadura ha mejorado la productividad de la misma, dando lugar a la implantación o cambio de proceso de soldadura, las actividades que agregan valor han mejorado, el tiempo estándar ha mejorado, la eficiencia ha mejorado, la eficacia ha mejorado y se notado un incremento importante en el margen de contribución económico pero todo esto dentro del marco de la investigación que tiene por población a un tipo de junta en su espesor determinado, en posición de soldadura plana y para un determinado elemento o estructura metálica.

Entonces la recomendación específica 1 es evaluar la implementación de una estación específica de soldadura por arco sumergido para juntas de soldadura longitudinales que cumplan con los requerimientos y las características adaptables a un proceso continuo tal como lo realiza la máquina de NA-5 de la marca Lincoln con su poderoso sistema de tractor suspendido en una viga de acero.

Recomendación específica 2.

Las recomendaciones concluyen con la exhortación a la continua capacitación del personal involucrado en tema de innovaciones tecnológicas de soldadura debido a los avances de desarrollo

globales producidas por la competitividad en el mercado de los aceros estructurales. Estos avances industriales ofrecidos en ponencias académicas o workshops son ventanas de noticias de aplicaciones mundiales de tecnologías que permiten evidentes mejoras en productividad pues dado que en principio parecería de muy alto costo, necesita siempre de una evaluación objetiva y holística al mismo tiempo de rango ingenieril quienes se verán obligados a aplicar herramientas de verificación de beneficio costo, complejidad de la implementación y justificación del caso.

VI. REFERENCIAS

AMERICAN WELDING SOCIETY. Welding handbook. Welding science and technology.
E.E.U.U: Prepared under the direction of the Welding Handbook Committee.
Miami, FL 33126: Cynthia L. Jenney Annette O'Brien Editors. 891 pp.

ALZATE, Natalia y SÁNCHEZ Julián. Estudio de métodos y tiempos de la línea de producción de calzado tipo “clásico de dama” en la empresa de calzado caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación., Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial, 2013, 77 pp.

CAJAMARCA, Diego. Estudio de tiempos y movimientos de producción en planta, para mejorar el proceso de fabricación de escudos en Kaia bordados. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de estudios a distancia Programa de Ingeniería Industrial, 2015, 77 pp.

CAPRISTANO, Raúl. Aplicación de la Ingeniería de Métodos en el Proceso de Soldadura para mejorar la Productividad en MQS Inspection Group S.A.C. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 157 pp.

CHAVARRIA, Alexander. Aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en el área de cromo duro de la empresa Recolsa S.A. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 117 pp.

CRUELLES, José. Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua 1ª ed.
México D.F: Alfa omega grupo Editor S.A. de C.V. 2013. 830 pp.

ESAB, Catálogos de productos y documentación.

Disponible en: www.esab.com.ar

FIDIAS G. Arias. El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica 6^{ta} ed.
Caracas – República Bolivariana de Venezuela: Ediciones El Pasillo, 2011, C.A. 156 pp.
ISBN: 980-07-8529-9

GARCÍA, Roberto. Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y mediación del trabajo 2^{da} ed.
México: Mc Graw Hill, 2011. 459 pp.

ISBN: 970-10-4657-9

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5^{ta} ed.

México: Mc Graw Hill, 2010. 656 pp.

ISBN: 978-607-15-0291-9

HODSON, William Maynard: Manual del ingeniero industrial 4^{ta} ed.

Nueva York: Mc Graw Hill Interamericana, 2005. 975 pp.

ISBN: 9701047958

JANANIA A. Camilo. Manual de tiempos y movimientos. Ingeniería de Métodos.

México: Limusa, 2013. 156 pp.

ISBN: 978-968-18-7079-9

KANAWATY, George. Introducción al estudio del trabajo 4^{ta} ed.

Suiza: Oficina Internacional del Trabajo, 1996. 538 pp.

ISBN: 92-2-107108-1

LOPEZ, Valeria. Aplicación del Estudio del Trabajo para la mejora de la productividad en el área de maestranza de la empresa Tomocorp S.A.C. Lima-2016 Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 154 pp.

LINCOLN ELECTRIC, Catálogo de productos.

Disponible en: www.lincolnelectric.com/es-com/

MADARIAGA, Francisco. Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de las familias de productos mediante procesos directos.

Madrid: Bubok Publishing S.L. 2013. 282 pp.

ISBN: 9788468628141

MARTÍNEZ, William. Propuesta de mejoramiento mediante el estudio del trabajo para las líneas de producción de la empresa CINSÁ YUMBO. Trabajo de titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, Programa de Ingeniería Industrial, 2013, 93 pp.

MEYERS, Fred. Estudios de tiempos y movimientos 2^{da} ed.
México: Pearson Educación, 2000. 339 pp.
ISBN: 968-444-468-0

NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. 12.^a ed.
México: Mc Graw Hill, 2014. 614 pp.
ISBN: 978-970-10-6962-2

PROKOPENKO, Joseph. La gestión de productividad: manual práctico. Suiza: Oficina Internacional del Trabajo, 1989. 333 pp.
ISBN: 92-2-305901-1

QUESADA A. Lucio. Estadística con SPSS 20.
Lima: Empresa Editora Macro E.I.R.L; 359 pp.
ISBN: 978-612-304-046-8

RAMIREZ, Anyeli. Estudio de tiempos y movimientos en el área de evaporador de la empresa SeAH Precisión México S.A. Trabajo de titulación (Técnico Superior Universitario en Procesos de Producción). Querétaro: Universidad Tecnológica de Querétaro. 2010. 47 pp.

RUIZ, Heber. Estudio de métodos de trabajo en el proceso de llenado de tolva para mejorar la productividad de la empresa Agrosemillas Don Benjamín E.I.R.L. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, 2016, 222 pp.

SANCHEZ, Hugo y REYES, Carlos. Metodología y Diseño en la Investigación Científica.
Lima: Business Support Aneth S.R.L; 235 pp.
ISBN: 978-612-46842-2-7

SOLDEXA, Manual de soldadura y catálogo de productos, 7^a ed.
Lima: www.soldexa.com.pe 256 pp.

UNOCC, Luis. Aplicación de la Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en la línea de mecanizado de la empresa JBC maquinarias S.A, Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 191 pp.

USTATE, Elkin. Estudio de métodos y tiempos en la planta de producción de la empresa Metales y Derivados S. A. Trabajo de Titulación (Ingeniería Industrial). Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, 2007, 54 pp.

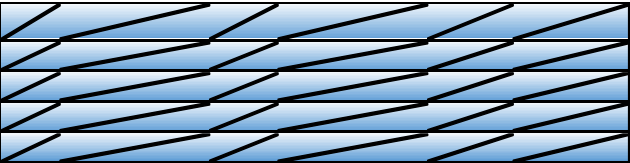





VII. ANEXOS

Anexo 1: Formato de diagrama de operaciones de procesos pre y post-test.

| DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESOS DOP PRE-TEST | | | | |
|---|----------|----------|-----------------------|-------------|
| EMPRESA | | | RESUMEN | |
| PRODUCTO | | | ACTIVIDADES | SIMB. CANT. |
| PROCESO | | | Operación | |
| ÁREA | | | Inspección | |
| OBSERVADO POR | | | Σ total de Op. | |
| MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST | | |
| FECHA | | | Long. de junta (m) | |

*Formato de DOP pre y post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

Anexo 2: Formato de diagrama de análisis de procesos pre y post - test.

|  | | | | DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO PRE-TEST | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------|---------------------------|---|--|---|---|---|-----|----|---------------|----|---------------|--|
| | | | | RESUMEN | | | GRÁFICO DE JUNTA DE SOLDADURA | | | | | | | |
| | | | | ACTIVIDADES | SIMB. | CANTIDAD | | | | | | | | |
| | | | | Operación | | | | | | | | | | |
| | | | | Inspección | | | | | | | | | | |
| Demora | | | | | | | | | | | | | | |
| PRODUCTO | | | Transporte | | | | | | | | | | | |
| PROCESO | | | Almacenamiento | | | | | | | | | | | |
| ÁREA | | | Total de movimientos | | | | | | | | | | | |
| OBSERVADO POR | | | Tiempo total de AAV (min) | | | | | | | | | | | |
| MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST | Longitud de junta (m) | | | | | | | | | | | |
| FECHA | | | | | | | | | | | | | | |
| N° | DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES | Veces | T. (MIN) | SIMBOLOGÍA DE ACTIVIDADES | | | | | AAV | | T. ACT. VALOR | | OBSERVACIONES | |
| | | | |  |  |  |  |  | Si | No | SI | NO | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | | | - | | |

*Esquema DAP pre y post - test.
Fuente: Elaboración propia.*

Anexo 3: Formato de estudio de tiempos pre-test.

| | | | | ESTUDIO DE TIEMPOS EFECTIVOS | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|-----------|------------------|------------------------------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------|--|
| | | | | PRE-TEST | | | | | | | | | | | | | | |
| EMPRESA | | | | OBJETO | | | | FECHA | | | | OBSERVADO POR | | | | LONGITUD TOTAL (m) | | |
| ÁREA | | | | PROCESO | | | | MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST | OPERARIO | | | | | | T. EFEC. TOTAL (min) | |
| SOLDADURA EN JUNTA 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PASE 1 (raíz) | | PASE 2 (relleno) | | PASE 3 (relleno) | | PASE 4 (relleno) | | PASE 5 (relleno) | | PASE 6 (relleno) | | PASE 7 (presentación) | | PASE 8 (presentación) | | | |
| | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | Long. (m) | T. (min) | | |
| Segmento | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Resumen de tiempos | | | |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Tiempo por pases en minutos | | | $\sum T_n(min)$ |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentacion | |
| | | | |

| Resumen de longitudes | | | |
|--|-----------------|----------------------|-----------------|
| Longitud recorrida por pases en metros | | | $\sum Long.(m)$ |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentación | |
| | | | |

| CÓDIGO DE ELEMENTO | N° DE JUNTA |
|---|-------------|
| GRÁFICO DE UBICACIÓN DE JUNTA EN ELEMENTO | |
| | |

Formato de tiempos efectivos pre-test de.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Formato de estudio de tiempos post-test.

| ESTUDIO DE TIEMPOS EFECTIVOS POST-TEST | | | | |
|---|--|----------------------|----------|----------|
| EMPRESA | | FECHA | | |
| ÁREA | | MÉTODO | PRE-TEST | POS-TEST |
| OBJETO | | LONGITUD TOTAL (m) | | |
| PROCESO | | T. FECTIVO TOTAL (m) | | |
| OBSERVADO POR | | VIGA CAJON | | |

| | | | | | |
|---------|--|---------|---------------------|-------------------------|---------|
| Gráfico | Control de soldadura por Arco Sumergido en pase de raíz. | | | | |
| | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | | | | | |

| | | | | | |
|---------|---|---------|---------------------|-------------------------|---------|
| Gráfico | Control de soldadura por Arco Sumergido | | | | |
| | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | | | | | |

| | | | | | |
|---------|---|---------|---------------------|-------------------------|---------|
| Gráfico | Control de soldadura por Arco Sumergido | | | | |
| | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | | | | | |

| | | | | | |
|---------|---|---------|---------------------|-------------------------|---------|
| Gráfico | Control de soldadura por Arco Sumergido | | | | |
| | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | | | | | |

| | | | | | |
|---------|---|---------|---------------------|-------------------------|---------|
| Gráfico | Control de soldadura por Arco Sumergido | | | | |
| | Amperaje | Voltaje | Velocidad de avance | Longitud Programada (m) | T. min. |
| | | | | | |

| Resumen de tiempos | | | | |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|---------------|--|
| Tiempo en minutos por pases | | | | |
| Pase raíz | Pase de relleno | Pase de presentacion | $\sum T(min)$ | |
| | | | | |

| Resumen de longitudes | | | | |
|--|--------------|----------------------|-----------------|--|
| Longitud recorrida por pases en metros | | | | |
| Pase raíz | Pase relleno | Pase de presentación | $\sum Long.(m)$ | |
| | | | | |

*Esquema de tiempos efectivos post-test.
Fuente: Elaboración propia.*

Anexo 5: Formato de AAV pre y post-test.

[illegible]

Formato de actividades que agregan valor pre y post-test
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Formato de tiempo estándar pre post-test.

[illegible]

Anexo 7: Formato de eficiencia pre-test.

| | | Estudio de Eficiencia test. | | | | |
|-----------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------|---|---|
| Empresa | | Método | PRE-TEST | POS-TEST | Fecha de inicio. | |
| Analista | | Proceso | | | Fecha de termino: | |
| N° Días | Cantidad de juntas soldadas | Tiempo Programado por día (min) | Tiempo efectivo (min) | Tiempo no efectivo (min) | Eficiencia (%) $\text{Eficiencia} = \frac{T_e}{T_e + T_{ne}} \times 100\%$ | Tiempo estándar (min) $T_s = T_n(1 + S)$ |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Promedios | | | | | | |

**Te=Tiempo efectivo / Tno=Tiempo no efectivo.

Formato de eficiencia pre y post - test.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Formato de eficacia pre y post - test.

[illegible]

Formato de eficacia pre-test.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Formato de productividad pre y post – test.

[illegible]

Formato de productividad pre y post - test.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Formato de costos por día pre y post - test.

[illegible]

Formato de costos por día costos pre y post -test.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Formato de estudio de costos pre y post - test.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|--|------------------|--|--|--|
| | | ESTUDIO DE COSTOS DE PROCESOS | | EMPRESA | | | | | | | | | |
| | | | | ÁREA | | | | | | | | | |
| | | | | PROCESO | | | | | | | | | |
| | | | | ESPECIALIDAD | | | | | | | | | |
| TEST | | PROYECTO | | | | | | | | | | | |
| | | FECHA | | | | | | | | | | | |
| | | MÉTODO | | PRE-TEST | | POST-TEST | | | | | | | |
| | | LONGITUD EFECTIVA | | | | | | | | | | | |
| | | TIEMPO EFECTIVO | | | | | | | | | | | |
| | | ELEMENTO ANALIZADO | | | | | | | | | | | |
| APLICADO PARA: | | ESTUDIO <input type="checkbox"/> | | COTIZACIÓN <input type="checkbox"/> | | PRESUPUESTO <input type="checkbox"/> | | OTROS <input type="checkbox"/> | | ANALISTA | | | |
| ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO | | | | | | | | | | | | | |
| COSTOS DIRECTOS | | | | DESCRIPCIÓN | | % | | MONTO US\$ | | MONTO S/. | | | |
| DESCRIPCIÓN | | MONTO US\$ | | MONTO S/. | | PORCENTAJE | | TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | | | | GASTOS GENERALES | | | | | |
| CONSUMIBLES | | | | | | | | % UTILIDAD | | | | | |
| SERVICIOS | | | | | | | | PLAZO DE EJECUCIÓN | | | | | |
| MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | | | | DÍAS OBSERVADOS | | | | | |
| COSTOS DIRECTOS+VARIAE | | | | | | | | TIPO DE CAMBIO US\$ | | | | | |
| ENTREGABLES | | | | | | | | | | | | | |
| PRESUPUESTO EN SOLES | | | | | | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | | SUBTOTAL | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | UND | | | | | | | | | |
| | | | | COSTO PRODUCCIÓN+UTILIDAD NETA | | | | | | | | | |
| | | | | GASTOS GENERALES | | | | | | | | | |
| | | | | COSTO DE VENTA + IGV | | | | | | | | | |
| PRESUPUESTO EN DOLARES | | | | | | | | | | | | | |
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | | | UND | CANTIDAD | PRECIO UNTARIO | | SUBTOTAL | | | | | |
| | | | | UND | | | | | | | | | |
| | | | | TOTAL COSTO + IGV | | | | | | | | | |

Anexo 12: Cuadro de eficiencia de deposición de soldadura.

Eficiencia de Deposición

| Proceso de Soldadura | Eficiencia de Deposición |
|---------------------------------|--------------------------|
| SMAW, Electrodo de 14" (356 mm) | 55 a 65 % |
| SMAW, Electrodo de 18" (457 mm) | 60 a 70 % |
| GTAW | 99 % |
| GMAW, Alambre Sólido | 90 a 97 % |
| GMAW, Alambre Metal Cored | 92 a 98 % |
| FCAW | 78 a 86 % |
| SAW | 90 a 100 % |

*Eficiencia de deposición de soldadura.
Fuente: ESAB.*

Anexo 13: Estimación de costos de soldadura por longitud.

Estimación de costo de Soldadura por longitud

Como su nombre lo dice, este tipo de costeo se basa en la combinación de velocidad, tiempo, y longitud del proceso de Soldadura, por lo que es muy funcional para líneas de producción de Soldadura largas. Por lo tanto, su estimación se basará en 5 pasos esenciales:

1. Determine la velocidad de desplazamiento: Este promedio lo obtendrá en pies por unidad de tiempo.
2. Calcule el factor de operación: Para este paso, primero deberá determinar el tiempo total de Soldadura que se tiene en 1 día de operación; posteriormente, divida esta cifra entre el total de horas trabajadas, obteniendo así el factor mencionado.
3. Calcule el costo total del relleno por tramo: Multiplique 3 factores: la alimentación del alambre, el peso del electrodo por pulgada, y el costo del electrodo por libra, finalmente, este resultado divídalo entre la velocidad de desplazamiento de la Soldadura.
4. Obtenga el costo de gas usado por tramo: Para esto, divida el rango de flujo de gas entre el costo del gas por pie cúbico, posteriormente, divida esta cifra entre la velocidad de desplazamiento.
5. Determine el costo de mano de obra por tramo: Esto lo realizará dividiendo la velocidad de trabajo entre la velocidad de desplazamiento, para después multiplicar el resultado por el factor sacado en el punto 2.

Finalmente, sume los resultados de los puntos 3, 4, y 5, para que así usted obtenga de forma sencilla el costo de Soldadura por longitud, es decir por tramo trabajado.

*Estimación de costos de soldadura.
Fuente: ESAB.*

Anexo 14: WPS de soldadura antes de la mejora.

[illegible]

Anexo 15: Ficha técnica de soldadura antes de la mejora.

FCAW

Aceros al Carbono y Baja Aleación



EXATUB E71T-1

El producto EXATUB E71T-1 es un alambre tubular para aplicarse en toda posición, diseñado para trabajar con CO₂ como gas protector. El EXATUB E71T-1 en comparación con alambres tubulares autoprotégidos genera un menor nivel de humos y brinda buenas propiedades frente a la resistencia al impacto a bajas temperaturas.

El cordón de soldadura presenta una buena apariencia y la remoción de escoria es fácil.

Clasificación

| | |
|---------------------------|------------|
| AMS A3.20 / ASME SFA-5.20 | E71T-1C/9C |
|---------------------------|------------|

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

| C | Mn | Si | P | S | Mo | Ni | Cr | Cu | Otros |
|------|-----|------|-------|-------|----|----|----|----|-------|
| 0,05 | 1,4 | 0,52 | 0,013 | 0,011 | - | - | - | - | - |

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

| Resistencia a la Tracción [MPa (psi)] | Límite de Fluencia [MPa (psi)] | Elongación en 2" [%] | Energía Absorbida ISO-V (-20°C) [J] |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Min. 578 (83 800) | Min. 529 (76 700) | min. 30 | 100 |

Conservación del Producto

- Mantener en un lugar seco y evitar humedad.

Posiciones de Soldadura

P, H, Sc, Va.



Parámetros de Soldado Recomendados


| Diámetro [mm] | 1,20 | 1,60 |
|----------------------|---|-----------|
| Polaridad | Corriente continua electrodo al positivo (DCEP) | |
| Amperaje [A] | 140 - 320 | 200 - 380 |
| Voltaje [V] | 22 - 35 | 25 - 36 |
| Stick out [mm] | 15 - 25 | |
| Flujo de Gas [l/min] | 15 - 25 | |

Aplicaciones

- El alambre EXATUB E71T-1 es ideal para realizar soldadura en un solo pase y/o multipase sobre aceros de mediano carbono y aceros de baja aleación.
- Dentro de sus aplicaciones es muy usado para la soldadura de fabricación y reparación en astilleros, tanques de almacenamiento, fabricaciones estructurales (vigas, tolvas, tubos, tanques, etc.), tendidos de tuberías (piping), minería y equipos de movimiento de tierra en general, etc.

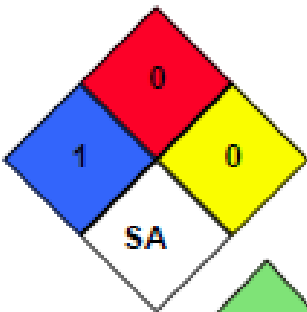

Anexo 16: Ficha técnica de gas para soldadura antes de la mejora.

| | |
|------------------------------|----------|
| Producto: Dióxido de carbono | P-4574-J |
|------------------------------|----------|

| | |
|---|---|
|  | Hoja de Datos de Seguridad del Producto |
|---|---|

| |
|--|
| Emergencia: Llame a cualquier hora del día o de la noche al teléfono 0800-11-521 / 01517-2341 Para informaciones de rutina consulte a su proveedor Praxair Perú S.R.L., más cercano. |
|--|

| |
|--|
| 1 – Identificación del Producto y de la Empresa |
|--|

| | |
|---|---|
| <p>Producto: DIÓXIDO DE CARBONO (HSDP N° P-4574-J)</p> <p>Nombre químico: Dióxido de carbono</p> <p>Sinónimos: Anhídrido carbónico, gas ácido carbónico</p> <p>Grupo químico: Anhídrido ácido</p> <p>Fórmula: CO₂</p> <p>Nombre(s) comercial(es): Dióxido de carbono, gas carbónico.</p> <p>Teléfono de emergencia: 0800-11-521 01517-2341</p> <p>Empresa: Praxair Perú S.R.L. Av. Venezuela 2597 Bellavista – Callao. Perú.</p> |   |
|---|---|

| |
|--|
| 2 – Composición e informaciones sobre los Componentes |
|--|

| | | |
|--|----------------|------------|
| <p>Descripción: Esta sección cubre al producto como la forma en que es producido. Vea las Secciones 3, 8, 10, 11, 15 y 16 para mayores informaciones sobre los subproductos generados durante el uso, especialmente en soldadura y corte. Para mezclas de este producto, solicite la respectiva Hoja de Datos de Seguridad del Producto de cada componente. Vea la sección 16 para mayores informaciones sobre mezclas.</p> | | |
| Material: Dióxido de carbono | (CAS 124-38-9) | (ONU 1013) |
| Porcentaje (%): 99,0 mínimo | | |
| CAP¹ (Concentración Ambiental Permisible) / TLV = 3.900 ppm | | |
| LEB² (Límite de Exposición Breve) = 30.000 ppm | | |

*Ficha técnica de gas CO2 para soldadura FCAW.
Fuente: Praxair Perú S.R.L.*

Anexo 17: WPS de soldadura después de la mejora.

| ESMETAL IMECON | | FORMATO ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | Código: CC-RG-28 | | | | | |
|---|---------|--|------------|-------------------------------|--------------|--|---------------------------------|---|--|
| | | Fecha de Emisión: 1/5/15 Versión: 01 | | Página: 1/1 | | | | | |
| Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) <input checked="" type="checkbox"/> Precalificado <input checked="" type="checkbox"/> Certificado por Ensayo <input type="checkbox"/> Registro de Calificación de Procedimiento (PQR) <input type="checkbox"/> Código de Fabricación: AWS D1.1 2015 | | | | | | | | | |
| Nombre de la Empresa: ESMETAL SAC | | Identificación #: E-SAW-14 | | Fecha: 15/01/2017 | | | | | |
| Proceso(s) de Soldadura: SAW | | Revisión: 1 | | Autorizado por: LUIS E. MUÑOZ | | | | | |
| Número(s) PQR de Soporte: — | | Tipo: Manual <input type="checkbox"/> Semiautomático <input type="checkbox"/> Máquina <input checked="" type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Diseños de Junta Utilizados: | | Posición: PLANA Flato: — | | | | | | | |
| Tipo: TC-Uta-B | | Protección Vertical: Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Individual <input checked="" type="checkbox"/> Serie Soldadura <input type="checkbox"/> | | Características Esenciales: | | | | | | | |
| Refuerzo: <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | | Modo Transferencia (FGAW): Corto Circuito <input type="checkbox"/> Globular <input type="checkbox"/> Spray <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Material de Refección: ASTM A 38 | | Corriente: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> Pulsada <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Abertura de Rala: 8mm (+2, -0) Dirección de Corte de Rala: — | | Defecto: — | | | | | | | |
| Ángulo de Canal: 45° (+15°, -0°) Refajo (J-U): — | | Electrodo de Tungsteno (GTAW): — | | | | | | | |
| Resolución de Rala: <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> | | Tamaño: — | | | | | | | |
| Método: — | | Tipo: — | | | | | | | |
| Materiales Base: | | Técnica: | | | | | | | |
| Especificación de Material: GRUPO 1 Y GRUPO 2 | | Condon Entero o Ondulado: Entero <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Tipo a Grado: — | | Multipase o Pase Individual (por lado): Multiple <input checked="" type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| Exposición de Canal: 12mm a 16mm Flato: — | | Número de Electrodos: 4 | | | | | | | |
| Diámetro Tol: — | | Separación de Electrodos: Longitudinal: — Lateral: — Ángulo: — | | | | | | | |
| Materiales de Aporte: | | Taba de Contacto a Distancia de Trabajo: 15-25mm | | | | | | | |
| Especificación AWS: A 5.17 | | Materiales: — | | | | | | | |
| Clasificación AWS: EM12K | | Longitud de Intepase: Escalonada y/o Superpuesta | | | | | | | |
| Fabricación: — | | | | | | | | | |
| Protección: | | | | | | | | | |
| Fundente: F7A2-EM12K Gas: — | | | | | | | | | |
| Composición: — | | | | | | | | | |
| Electrodo-Fundente (Clase): — | | | | | | | | | |
| Tasa de Flujo: — | | | | | | | | | |
| Tamaño de Corte de Gas B: — | | | | | | | | | |
| Precalentamiento: | | | | | | | | | |
| Temp. Min de Precalentamiento: 100°C (204°C) 150°C (302°C) 175°C (345°C) | | | | | | | | | |
| Temp. Min de C: 175°C (345°C) 175°C (345°C) | | | | | | | | | |
| Interfase: 175°C (345°C) | | | | | | | | | |
| <div style="text-align: right;">  Luis Muñoz Tuesta CEN 15123451 OCT EXP 12/1/2021 </div> | | | | | | | | | |
| Procedimiento de Soldadura | | | | | | | | | |
| Pase o capa(s) de Soldadura | Proceso | Materiales de Aporte | | Corriente | | Voltaje (V) | Velocidad de Recorrido (mm/min) | Detalles de Juntas | |
| | | Clase | Diam. (mm) | Tipo y Polaridad | Amperaje (A) | | | | |
| 1 | SAW | F7A2-EM12K | 4 | DCEP | 400-600 | 25-34 | 34-50 |  | |
| 2 a n | SAW | F7A2-EM12K | 4 | DCEP | 400-600 | 25-36 | 34-50 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| n | | | T1 (mm) | T2 (mm) | R (mm) | | | | |
| 45° (+30°, -0°) | | | 12-U | 12-U | 8mm (+2, -0) | | | | |
| Autorizado por: LUIS E. MUÑOZ | | | | | | De acuerdo con la tabla 3.5 (Requisitos del AWS Precalificado): Máximo ancho de capa de pase cualquier tipo: División Capas | | | |
| By:  Luis Muñoz Tuesta Jefe de Calidad ESMETAL S.A.C. | | | | | | | | | |

WPS para soldadura SAW.
Fuente: Esmetal.

Anexo 18: Ficha técnica de soldadura después de la mejora.

SUBMERGED ARC WIRES & FLUXES (SAW) MILD STEEL WIRES



OK Autrod 12.10

Copper-coated, unalloyed wire for Submerged Arc Welding. For low requirements or in combination with high Si and Mn alloying fluxes. Suitable for non- and low alloyed steels.

| | |
|--|--|
| Classifications Wire Electrode: | SFA/AWS A5.17-EL12, EN ISO 14171-A:Si |
| Approvals: | CE EN 13479, DB 52.039.01, VdTÖV 12103 |

Approvals are based on factory location. Please contact ESAB for more information.

| Typical Wire Composition % | | |
|----------------------------|------|------|
| C | Mn | Si |
| 0.07 | 0.52 | 0.08 |

OK Autrod 12.20

Copper-coated, unalloyed wire for Submerged Arc and Electroslag Welding. Suitable in combination with most fluxes. For structural steels, ship building steels, pressure vessel steels, fine grained steels, etc.

| | |
|--|--|
| Classifications Wire Electrode: | SFA/AWS A5.17-EM12, EN ISO 14171-A:Si |
| Approvals: | CE EN 13479, VdTÖV 12103, DB 52.039.02, NAKS/HAKC 3.0 mm, 4.0 mm |

Approvals are based on factory location. Please contact ESAB for more information.

| Typical Wire Composition % | | |
|----------------------------|------|------|
| C | Mn | Si |
| 0.10 | 1.06 | 0.07 |

OK Autrod 12.22

Copper-coated, unalloyed wire for Submerged Arc Welding. Suitable in combination with most fluxes. Increased Si content and thus especially for neutral fluxes (e.g. OK Flux 10.62) or in order to increase the fluidity of the molten pool. For structural steels, ship buildings steels, pressure vessel steels, fine grained steels, etc.

| | |
|--|---|
| Classifications Wire Electrode: | SFA/AWS A5.17-EM12K, EN ISO 14171-A:SiSi |
| Approvals: | CE EN 13479, VdTÖV 12103, DB 52.039.05, NAKS/HAKC 2.0 mm-5.0 mm |

Approvals are based on factory location. Please contact ESAB for more information.

| Typical Wire Composition % | | |
|----------------------------|------|------|
| C | Mn | Si |
| 0.09 | 1.01 | 0.19 |

esab.com

41013M_en_WW-ProductSheet_Main_01.pdf 10/2016

Ficha técnica de soldadura SAW.
Fuente: Catálogo de soldadura Esab.

Anexo 19. Ficha técnica de fundente de soldadura después de la mejora.

OK FLUX 429

OK Flux 429 es un fundente aglomerado neutral destinado para soldadura a tope y filete de planchas de acero al carbono de baja aleación. Su escoria generalmente se retira por sí misma, incluso en soldaduras de ranura estrechos y ajustadas a tope. Proporciona una tolerancia moderada de óxido y cascarrilla. OK Flux 429 se utiliza en la plataformas petrolíferas en alta mar, puentes, barcos, recipientes a presión y fabricación estructural. Puede funcionar con corriente continua y alterna, sistemas individuales y multihilo en las corrientes de hasta 1000

Datos del Fundente :
 Índice de basicidad: 1.1
 Composición Química :
 SiO₂ + TiO₂ : 20 Al₂ + MnO : 40
 CaO + MgO: 25 Fluoruros : 10

| % Manganeso en Alambre | % Mn obtenido del Flux (AWS A5.17) | % Mn obtenido del Flux (AWS A5.29) |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0.00 | 0.35 | 0.10 |
| 1.21 | 0.05 | 0.00 |

| % Silicio en Alambre | % Si obtenido del Flux (AWS A5.17) | % Si obtenido del Flux (AWS A5.29) |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0.000 | 0.35 | 0.10 |
| 0.147 | 0.05 | 0.00 |

Composición química típica del metal depositado (%)

| AWS A5.17 | C | Mn | Si | P | S | Mo | Cu |
|-------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| F7A2-EM12K | 0.06 | 1.40 | 0.45 | 0.02 | 0.015 | - | - |
| F8A2-EA2-A3 | 0.06 | 1.40 | 0.46 | 0.023 | 0.012 | 0.480 | 0.480 |
| F8P0-EA2-A3 | 0.06 | 1.40 | 0.46 | 0.023 | 1.012 | 0.480 | 0.480 |

Propiedades mecánicas típicas del metal depositado (%)

| Propiedades Mecánicas | F7A2-EM12K | F8A2-EA2-A3 | F8P0-EA2-A3 |
|---------------------------------|------------|-------------|-------------|
| Resistencia a la tracción (MPa) | 545 | 605 | 605 |
| Límite de fluencia (MPa) | 455 | 530 | 515 |
| Elongación (%) | 28 | 25 | 26 |
| Energía absorbida (J [°C]) | 65 [-29] | 28 [-29] | 35 [-18] |

Parámetros propuestos

| Diámetro [mm(pulgadas)] | 2.5 (3/32) | 3.15 (1/8) | 4.0 (3/16) |
|-------------------------|---|------------|------------|
| Polaridad | Corriente continua electrodo al positivo (DCEP) | | |
| Intensidad (A) | 280 - 400 | 300 - 850 | 350 - 850 |
| Voltaje (V) | 26 - 32 | 28 - 34 | 28 - 36 |

| Conservación del producto |
|---|
| Mantener en un lugar seco y evitar humedad Almacenamiento bajo horno: 120°C mínimo Resaca entre 275°C a 325°C por 2 h mínimo. |

| Posiciones de soldadura |
|--------------------------|
| Plana, Horizontal-Filete |

Aplicaciones

- Aceros estructurales: ASTM A36, ASTM A131 Gr A, B, D, D5; A253 todos los grados
- ASTM A529 Gr. 42, 50; ASTM 572 Gr. 42, 50; ASTM A709 Gr 35, 50
- Recomendado para soldar aceros estructurales, puentes, aceros de calderas, aceros de tuberías y de grano fino con un límite de fluencia de hasta 355 MPa en la construcción de tuberías y recipientes de presión
- Como aplicación especial este fundente, puede ser empleado como cojín amortiguador en la reconstrucción de componentes que han sufrido desgaste

Ficha técnica de fundente para soldadura SAW.
 Fuente: Catálogo de soldadura Esab.

Anexo 20. Matriz de consistencia.

| Aplicación de la Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en el proceso de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. Callao 2018 | | |
|---|---|---|
| Matriz de consistencia. | | |
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL |
| ¿De que manera, la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la productividad en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018? | Determinar como la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la productividad en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018 | La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la productividad en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018 |
| PROBLEMAS ESPECÍFICOS | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS |
| ¿De que manera, la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018? | Determinar como la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018 | La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018 |
| ¿De que manera, la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018? | Determinar como la aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018 | La aplicación de la Ingeniería de Métodos mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa Esmetal S.A.C. 2018 |

*Matriz de consistencia.
Fuente: Elaboración propia.*

Anexo 21. Certificado de instrumento de validez 1.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

| N° | VARIABLE / DIMENSION | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|-------|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| 1 | VARIABLE INDEPENDIENTE: Ingeniería de Métodos. | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 1.1 | Dimensión 1: Estudio de métodos. | | | | | | | |
| 1.1.1 | FORMULA: $X = Aav/Tta \times 100\%$ | / | | / | | / | | |
| 1.2 | Dimensión 2: Medición del trabajo. | | | | | | | |
| 1.2.1 | FORMULA: $Ts = Tn(1 + S)$ | / | | / | | / | | |
| 2 | VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 2.1 | Dimensión 2: Eficiencia. | | | | | | | |
| 2.1.1 | FORMULA: $Eficiencia = Te/(Te + Tne) \times 100\%$ | / | | / | | / | | |
| 2.2 | Dimensión 2: Eficacia. | | | | | | | |
| 2.2.2 | FORMULA: $Eficacia = Qjr/Qjp \times 100\%$ | / | | / | | / | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Hay Insuficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ☒ Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:

López Padilla Rosario

DNI:

08163595

Especialidad del validador:

Maestría en Administración

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

4 de *07* del 2018
Rosa Padilla
Firma del Experto Informante.
CIP 200326

Anexo 22. Certificado de instrumento de validez 2.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

| N° | VARIABLE / DIMENSION | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|-------|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| 1 | VARIABLE INDEPENDIENTE: Ingeniería de Métodos. | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 1.1 | Dimensión 1: Estudio de métodos. | | | | | | | |
| 1.1.1 | FORMULA: $X = Aav/Tta \times 100\%$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 1.2 | Dimensión 2: Medición del trabajo. | | | | | | | |
| 1.2.1 | FORMULA: $Ts = Tn(1 + S)$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 2 | VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 2.1 | Dimensión 2: Eficiencia. | | | | | | | |
| 2.1.1 | FORMULA: $Eficiencia = Te/(Te + Tne) \times 100\%$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 2.2 | Dimensión 2: Eficacia. | | | | | | | |
| 2.2.2 | FORMULA: $Eficacia = Qjr/Qjp \times 100\%$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/Mg: Vilco Ramos Luc A. DNI: 25603329

Especialidad del validador: Ing. Industrial

05 de 04 del 2018

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

Anexo 23. Certificado de instrumento de validez 3.

| CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE | | | | | | | | |
|--|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| N° | VARIABLE / DIMENSION | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
| | | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 1 | VARIABLE INDEPENDIENTE: Ingeniería de Métodos. | | | | | | | |
| 1.1 | Dimensión 1: Estudio de métodos. | | | | | | | |
| 1.1.1 | FORMULA: $X = Aav/Tta \times 100\%$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 1.2 | Dimensión 2: Medición del trabajo. | | | | | | | |
| 1.2.1 | FORMULA: $Ts = Tn(1 + S)$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 2 | VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad | | | | | | | |
| 2.1 | Dimensión 2: Eficiencia. | | | | | | | |
| 2.1.1 | FORMULA: $Eficiencia = Te / (Te + Tne) \times 100\%$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 2.2 | Dimensión 2: Eficacia. | | | | | | | |
| 2.2.2 | FORMULA: $Eficacia = Qjr / Qjp \times 100\%$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [☐] No aplicable [☐]


Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Harwin Javier Yano Antonio DNI: 28308126

Especialidad del validador: Magister en Ciencias Económicas

04 de 07 del 2018

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


Firma del Experto Informante.